
Septemb 1899
R. W. Gibson. inv.

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

GENÈVE. — IMPRIMERIE RAMBOZ ET SCHUCHARDT

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ET

REVUE SUISSE

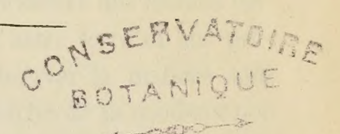
ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

NOUVELLE PÉRIODE

TOME TRENTE ET UNIÈME



GENÈVE

BUREAU DES ARCHIVES, RUE DE LA PÉLISSERIE, 18

LAUSANNE — GEORGES BRIDEL

NEUCHATEL — DELACHAUX ET SANDOZ

1868

SUR LA CHIMIE

DES

PREMIERS AGES DE LA TERRE

PAR

M. STERRY HUNT[1].

(Extrait par M. Ernest Favre.)

Il a été reconnu que la chimie et la physique ont été dès les premiers âges de notre globe en rapport intime avec son développement, et que les mêmes lois ont présidé à ses transformations et à celles de la matière en dehors de notre terre. Le spectroscope a résolu dans les mains des savants modernes et spécialement dans celles de M. Huggins beaucoup de problèmes, dont le télescope ne pouvait donner la solution. Il nous a révélé dans le soleil et dans d'autres corps lumineux la présence des mêmes éléments chimiques, qui constituent notre terre et nos propres corps. Il nous permet d'observer la matière sous toutes ses formes, de suivre la marche de sa condensation et celle de la formation des mondes. Herschell le premier qui illustra ce nom, conçut l'idée que les nébuleuses étaient formées de la matière primitive non condensée. Plus tard de puissants instruments montrèrent aux astronomes que plusieurs des nébuleuses ne sont que des groupes d'étoiles, et cette découverte fit douter quelque

[1] Royal Institution of Great Britain, 31 mai 1867.

temps de la présence, dans l'espace, de la matière nébuleuse à l'état lumineux ; mais l'existence de cet état de la matière est aujourd'hui reconnu.

Grâce au spectroscope, nous voyons dans les cieux des planètes semblables à la nôtre, éclairées seulement par la lumière réfléchie; des soleils, corps solides, lumineux par eux-mêmes; enfin, de véritables nébuleuses, masses de matière soumise à une chaleur si intense qu'elle est à l'état gazeux et par cela même peu lumineuse en comparaison du soleil. Ces trois états représentent trois phases distinctes de la condensation de la matière qui a formé les divers systèmes planétaires, et le nôtre en particulier.

On est arrivé par des calculs, basés sur la quantité de lumière et de chaleur rayonnante du soleil, à estimer la haute température qui existe à sa surface. Or, les découvertes de la chimie moderne ont prouvé que si la chaleur, dans les conditions ordinaires, est favorable à la combinaison des corps, une température très-élevée détruit les affinités. Ainsi, les métaux nobles, l'or, l'argent, le mercure, etc., s'unissent à l'oxygène et à d'autres corps simples à une certaine température, mais une chaleur plus grande ramène ces métaux à l'état de liberté. M. Grove a signalé, à propos de l'eau, une réaction semblable : l'oxygène et l'hydrogène enflammés se combinent pour former l'eau qui se décompose à une température plus élevée. Le refroidissement produit donc sur ces gaz mêlés à une très-haute température le même effet que la chaleur lorsqu'ils sont mélangés à la température ordinaire. Les recherches de M. H. Sainte-Claire Deville et d'autres savants ont montré que la dissociation des éléments par une chaleur intense est un principe universel;

de sorte que les matières constitutives du soleil ou de notre planète, réduites par la chaleur à l'état gazeux, doivent coexister à l'état libre. Une dissociation plus complète formerait les masses stellaires et nébuleuses dans lesquelles la matière serait réduite à un état encore plus simple que celui que nous révèlent les expériences de laboratoire. En effet, celles-ci nous permettent à peine d'entrevoir la nature complexe de beaucoup des substances que nous nommons corps simples.

On regarde le soleil comme une masse immense de matière gazeuse, dissociée, portée à une température excessive, mais assez condensée pour que sa densité soit un peu inférieure à celle de l'eau; cette matière est probablement dans un état semblable à celui que Cagniard-Latour a observé pour les corps volatiles surchauffés. Le rayonnement calorifique de la surface doit produire un refroidissement superficiel; celui-ci permet la combinaison de certains éléments, la formation de particules solides ou liquides suspendues dans des gaz encore dissociés, et qui, brillant d'une lumière éclatante, forment la photosphère solaire. Ces particules, entraînées vers la masse centrale dont la température est intense, rencontrent de nouveau une chaleur de dissociation. Ainsi la combinaison à la surface est incessamment renouvelée, tandis que la chaleur du soleil se maintient par une lente condensation de sa masse; une diminution de $\frac{1}{1000}$ de son diamètre, suffisant d'après M. Helmholtz pour entretenir la chaleur actuelle pendant 21000 ans. Cette hypothèse a été soutenue dernièrement par M. Faye, et quoiqu'elle ait rencontré de l'opposition, elle paraît être celle qui s'accorde le mieux avec nos connaissances actuelles sur l'état chimique et physique de la matière dans une

masse gazeuse en condensation. Si nous adoptons cette idée, peu importe que nous supposions, avec la plupart des savants, que les planètes ont été successivement détachées pendant la rotation de la masse primitive, ou que nous admettions, avec M. Chacornac, un mode d'agrégation ou de condensation produisant des soleils et des planètes au sein de la masse nébuleuse. Dans les deux cas, nous conclurons que notre terre a été une fois, comme le soleil est aujourd'hui, dans un état gazeux, élevée à une température excessive, lumineuse par elle-même, et soumise à une condensation superficielle jusqu'à ce que, par suite du refroidissement, elle ait atteint le point où la masse gazeuse s'est transformée, au centre du globe, en une masse de matière combinée et liquide.

La terre a probablement été homogène, tant qu'elle est restée à l'état gazeux ; mais quand la température s'est abaissée, les composés chimiques les plus stables, la silice, l'alumine, la chaux, la magnésie et l'oxyde de fer ont dû se former et se liquéfier au centre du globe, tandis que ceux de l'oxygène avec le mercure ou même avec l'hydrogène ne pouvaient encore exister. Le refroidissement continuant, de nouveaux éléments se séparèrent de la masse gazeuse, qui devint l'atmosphère du noyau liquide.

Les matières condensées se distribuèrent suivant leurs poids spécifiques, et l'on peut expliquer ainsi le fait que la densité totale du globe est deux fois celle de sa partie extérieure. Il peut exister au centre du globe des composés dont les éléments sont beaucoup plus pesants et groupés différemment que ceux que nous connaissons.

La suite du refroidissement a peu à peu amené la liquéfaction des éléments non volatiles à la chaleur de nos fourneaux ordinaires, puis une solidification partielle qui

a dû commencer au centre du globe; car la plupart des substances minérales, à l'exception de l'eau, sont plus denses à l'état solide qu'à l'état liquide[1].

Aucune raison ne nous permet de supposer que les parties profondes du globe soient intervenues d'une manière directe dans la formation des roches de la croûte superficielle. L'écorce, à l'époque de sa première solidification, dut présenter une surface irrégulière par suite de la contraction de la masse pendant sa condensation. Cette masse a fini par former une couche liquide de peu de profondeur autour du noyau solide; elle devait contenir tous les éléments constitutifs des roches, à l'exception de ceux qui étaient encore à l'état gazeux. Aujourd'hui, cette croûte est partout ensevelie sous ses propres ruines, et ce n'est que par des considérations chimiques que nous pouvons tenter de la reconstruire. Les influences auxquelles elle a été soumise et les affinités chimiques mises en jeu sont celles qui se produiraient, si la terre, la mer et l'air réagissaient maintenant les uns sur les autres sous l'influence d'une chaleur intense: il en résulterait évidemment la conversion des carbonates, chlorures et sulfates en silicates, et la mise en liberté du carbone, du chlore et du soufre, sous forme de gaz acides, qui avec l'azote, la vapeur d'eau et probablement un excès d'oxygène formeraient une atmosphère semblable à l'atmosphère primitive. La masse fondue qui en proviendrait devrait contenir toutes les bases sous forme de silicates, et avoir de grands rapports de composition avec certaines scories de fourneaux ou avec des verres volcaniques.

L'atmosphère qui entourait la roche primitive était chargée de gaz acides, et avait une densité très-grande:

[1] Voyez les belles recherches de MM. Hopkins et Fairbairn.

sous cette pression la condensation devait avoir lieu à un point fort au-dessus du point d'ébullition de l'eau, et les dépressions de la croûte à demi refroidie devaient être parcourues par une solution surchauffée d'acide chlorhydrique, dont l'action de décomposition sur les silicates est facile à comprendre. La formation des chlorures des diverses bases et la séparation de la silice sous forme de quartz devaient continuer jusqu'à ce que les affinités de l'acide fussent satisfaites. L'eau de mer se formait en tenant en dissolution des chlorures de calcium et de magnésium, des sels d'aluminium et d'autres bases métalliques.

La composition de l'atmosphère, alors privée de son chlore et de ses composés sulfureux, approchait de celle de notre atmosphère, bien qu'elle en différât par sa plus grande proportion d'acide carbonique.

A ce moment commence la seconde phase de l'action atmosphérique sur la terre; la première était acqueuse, la seconde est aérienne et caractérisée par la décomposition des parties de la croûte primitive, exposées à l'action de l'acide carbonique et de l'humidité de l'air. Cette action convertit les silicates complexes en silicates d'alumine ou argile, tandis que la chaux, la magnésie, les alcalis devenus libres forment des carbonates qui sont dissous et entraînés dans la mer. Le premier effet de ces carbonates a dû être de précipiter l'alumine et les oxydes des métaux pesants; puis la décomposition du chlorure de calcium de l'eau de la mer a produit du carbonate de chaux et du chlorure de sodium. Les roches les plus dures ont été attaquées peu à peu et transformées en argile avec l'aide des agents mécaniques; cependant, cette action fut moins énergique que dans les époques

antérieures, où la plus grande abondance de l'acide carbonique et une température plus élevée favorisaient la décomposition chimique des roches. Mais, dans tous les temps, chaque molécule d'argile formée de la décomposition d'une roche cristalline correspondait à une quantité équivalente d'acide carbonique de l'atmosphère et à certaines quantités de carbonate de chaux et de sel commun provenant du chlorure de calcium de l'eau de mer. Il est intéressant de comparer, à ce point de vue, les eaux de l'Océan moderne à celles de la mer des temps anciens, dont nous connaissons la composition par les eaux marines fossiles, emprisonnées dans les pores des roches stratifiées les plus anciennes. Celles-ci sont plus riches en sel de chaux et de magnésie que celles de la mer actuelle, qui ont perdu le carbonate de chaux qui constitue les calcaires. Une partie de ces roches a cependant été produite par la destruction au contact de l'air des silicates calcaires et magnésiens de l'écorce primitive.

La proportion de l'acide carbonique de l'atmosphère a beaucoup influé sur les modifications de la vie organique, et le perfectionnement des êtres a coïncidé avec la pureté croissante de l'air. Telle était d'abord l'abondance de cet acide que les reptiles actuels n'auraient probablement pu vivre, et que les animaux à respiration aérienne ont dû être organisés d'une manière spéciale. M. Brongniart a constaté l'action purifiante des plantes sur l'atmosphère primitive, et les grands dépôts de combustibles fossiles attestent la décomposition de l'acide carbonique par l'ancienne végétation qui rendit en même temps de l'oxygène à l'atmosphère. Des végétaux voisins des plantes tropicales ont vécu dans les régions polaires. Ce fait remarquable semble maintenant expliqué

par les recherches de M. Tyndall sur la chaleur rayonnante; en effet, ce savant a reconnu que la présence dans l'atmosphère de quelques centièmes d'acide carbonique n'offre qu'un faible obstacle au passage des rayons solaires, tandis qu'elle suffit pour empêcher presque entièrement la perte par radiation de la chaleur obscure; une atmosphère ainsi composée rendrait donc la surface de la terre semblable à une vaste serre chaude, et les régions polaires participeraient aux conditions climatériques nécessaires à une luxuriante végétation.

La composition de l'atmosphère primitive a également influé sur d'autres phénomènes qui se passaient à la surface du globe: ainsi des expériences faites dans une atmosphère artificielle m'ont prouvé que l'abondance de l'acide carbonique favorise la production du gypse. Nous ne pouvons expliquer, sans l'influence de ce gaz, la formation des énormes dépôts de gypse généralement associés à des sels magnésiens.

L'action de l'atmosphère, en décomposant et en désagrégeant la surface du globe, l'a recouverte partout de dépôts stratifiés d'origine mécanique ou chimique. Ces roches ont maintenant une épaisseur telle que la quantité de chaleur qui s'échappe de l'intérieur de la terre est inappréciable. Elle a cependant été très-grande dans les temps primitifs, et l'accroissement de la température de la surface au centre de la terre était plus rapide anciennement que maintenant.

La chaleur a dû ramollir les couches profondes, produire de nouvelles réactions chimiques entre leurs éléments et les convertir en roches cristallines ou métamorphiques, telles que le gneiss, le granit, etc. Le granit n'est point, comme on le dit souvent, la roche primitive

ou le *substratum* de la terre; j'ai déjà montré que la roche primitive est maintenant invisible, et que sa composition a dû être semblable à celle d'une lave ou d'une scorie. Les raisons les plus puissantes confirment l'opinion que le granit est une roche d'origine sédimentaire, c'est-à-dire formée de matériaux déposés par l'eau. Il renferme beaucoup de quartz qui, d'après ce que nous connaissons, ne peut être produit que par voie aqueuse et à une température relativement basse.

Le ramollissement et la fusion des couches profondes est accompagné d'un dégagement de gaz (acides carbonique et chlorhydrique, composés sulfureux, etc.) causé par la réaction des éléments des roches sédimentaires chauffées en présence de l'eau, contenue dans leurs pores. Nous avons ainsi une explication du phénomène chimique des volcans: ces derniers sont des issues par lesquelles s'échappent les roches fondues et les gaz.

S'il n'y a pas de dégagement de gaz, les roches plus ou moins ramollies se solidifient en place ou dans les fentes des couches qui les recouvrent, elles constituent alors les roches éruptives ou plutoniques, telles que le granit et le basalte.

Cette théorie a été entrevue, il y a une trentaine d'années, par Sir John F. W. Herschell. La solidité du noyau central, les faits nombreux dont j'ai parlé dans ces dernières années, les déductions mathématiques et astronomiques de M. Hopkins de Cambridge, les travaux de M. Pratt, ceux du professeur Thompson sur la théorie des marées, tout nous amène à conclure que les phénomènes volcaniques et plutoniques ont leur siége dans la zone profonde ramollie des dépôts sédimentaires et non dans le noyau central. Si la terre n'est pas solide à l'intérieur,

elle doit avoir une écorce de plusieurs centaines de milles d'épaisseur, qui exclut le centre de toute participation aux phénomènes plutoniques de la surface, hormis ceux qui résultent de l'influence de sa haute température communiquée, par la conductibilité, aux dépôts sédimentaires qui le recouvrent.

Le problème si longtemps discuté par les Huttoniens et les Werneriens, semble maintenant résolu : les premiers maintenaient l'origine ignée du gneiss, du micaschiste, de la serpentine, etc., et attribuaient au feu la formation des filons métallifères ; les seconds niaient l'influence de l'action ignée sur le globe et faisaient dériver toutes les roches d'un magma acqueux primitif ; mais nous, éclairés par les faits que nous venons d'exposer, nous rendons justice aux deux partis. Nous reconnaissons l'action de l'eau et celle des solutions acides sur la masse plutonique primitive, et nous avons vu aussi que les sédiments acqueux qui en résultent, sont transformés par le feu en roches cristallines et en roches plutoniques ou volcaniques, lorsqu'ils s'enfoncent profondément dans l'intérieur du globe.

La démonstration de ces phénomènes est conforme aux lois de la nature et aux observations de la physique et de la géologie.

OBSERVATIONS

SUR LE

BOURDONNEMENT ÉLECTRIQUE

DES MONTAGNES[1]

PAR

M. HENRI DE SAUSSURE.

Le 22 juin 1865, partant de Saint-Moritz (Grisons), je fis l'ascension du Piz Surley, montagne composée de roches cristallines dont le sommet, plus ou moins conique, atteint une altitude de 3200 mètres.

Pendant les journées précédentes, le Nord avait régné avec persistance ; le 22, le vent devint variable et le ciel se chargea de nuages errants. Vers midi, ces vapeurs augmentèrent et se pelotonnèrent au-dessus des sommités les plus élevées en se tenant d'ailleurs assez hautes pour ne pas voiler la plus grande partie des aiguilles et des pics de l'Engadine sur lesquels tombèrent bientôt quelques averses locales. Leur aspect de *vapeurs poussiéreuses* avec une demi-transparence nous fit supposer qu'il ne s'agissait que de giboulées de neige ou de grésil.

[1] Les observations qui suivent avaient été communiquées par correspondance à M. J. Fournet, qui les a introduites dans ses notices sur les *Régions électriques*, publiés dans les *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, tome XLIV, 1867. Nous les donnons ici avec quelques modifications et envisagées à un point de vue plus spécial.

En effet, vers une heure du soir, nous fûmes nous-mêmes assaillis par un grésil fin, clair-semé, en même temps que des giboulées analogues enveloppaient la plupart des aiguilles de rochers tels que les Piz Ot, Piz Julier, Piz Languard, etc., les cimes neigeuses de la Bernina, et qu'une forte averse de pluie fondait sur la vallée de Saint-Moritz.

Le froid augmentait et, à une heure et demie, quand nous fûmes arrivés au sommet du Piz Surley, la chute du grésil devenant plus abondante, nous nous disposâmes à prendre notre repas, et nous appuyâmes nos bâtons contre une petite pyramide en pierres sèches qui couronne la cime de la montagne. Presque au même instant j'éprouvai dans le dos, à l'épaule gauche, une douleur fort vive, comme celle que produirait une épingle enfoncée lentement dans les chairs, et quand j'y portai la main sans rien trouver, une douleur analogue se fit sentir à l'épaule droite. Supposant que mon pardessus de toile contenait des épingles, je le jetai; mais, loin de me trouver soulagé, je sentis que les douleurs augmentaient, envahissant tout le dos, d'une épaule à l'autre : elles étaient accompagnées de chatouillements, d'élancements douloureux, comme ceux qu'aurait pu produire une guêpe qui se serait promenée sur ma peau en me criblant de piqûres. Otant à la hâte mon second paletot, je n'y découvris rien qui fût de nature à blesser les chairs. La douleur qui persistait toujours prit alors le caractère d'une brûlure. Sans y réfléchir davantage, je me figurai, sans pouvoir l'expliquer, que ma chemise de laine avait pris feu et j'allais donc jeter le reste de mes vêtements, lorsque notre attention fut attirée par un bruit qui rappelait les stridulations des bourdons. C'étaient nos trois bâtons qui,

appuyés au rocher, *chantaient* avec force, émettant un bruissement analogue à celui d'une bouilloire dont l'eau est sur le point d'entrer en ébullition. Tout cela pouvait avoir duré quatre ou cinq minutes.

Je compris à l'instant que mes sensations douloureuses provenaient d'un écoulement électrique très-intense qui s'effectuait par le sommet de la montagne. Quelques expériences improvisées sur nos bâtons ne laissèrent apercevoir aucune étincelle, aucune clarté appréciable de jour, ils vibraient avec force dans la main et rendaient un son très-prononcé ; qu'on les tînt dirigés verticalement, la pointe de fer soit en haut soit en bas, ou bien horizontalement, les vibrations restaient identiques, mais aucun bruit ne s'échappait du sol.

Le ciel était devenu gris dans toute son étendue, quoique inégalement chargé de nuages. Quelques minutes après, je sentis mes cheveux et les poils de ma barbe se dresser en me faisant éprouver une sensation analogue à celle qui résulte d'un rasoir passé à sec sur des poils raides. Un jeune Français qui m'accompagnait s'écria qu'il sentait tous les poils de sa moustache naissante et que, du sommet de ses oreilles, il partait des courants très-forts. En élevant la main, je sentais des courants non moins prononcés s'échapper de mes doigts. Bref, une forte électricité s'écoulait des bâtons, habits, oreilles, cheveux et de toutes les parties saillantes de nos corps.

Un seul coup de tonnerre se fit entendre vers l'ouest dans le lointain. Nous quittâmes la cime de la montagne avec une certaine précipitation et nous descendîmes une centaine de mètres. A mesure que nous avancions, nos bâtons vibraient de moins en moins fort, et nous nous ar-

rêtâmes lorsque leur son fut devenu assez faible pour ne plus être perçu qu'en les approchant de l'oreille.

La douleur au dos avait cessé dès les premiers pas de la descente, mais j'en conservais encore une impression vague.

Dix minutes après le premier, un second roulement de tonnerre se fit entendre encore à l'ouest dans un grand éloignement et ce furent les seuls. Aucun éclair ne brilla. Une demi-heure après notre départ de la cime, le grésil avait cessé, les nuages se rompaient et, à deux heures trente minutes, nous atteignîmes de nouveau le point culminant du Piz Surley pour y trouver le soleil.

Nous jugeâmes que le même phénomène avait dû se produire sur toutes les aiguilles formées par des rochers élancés ; car toutes étaient, comme celle que nous occupions, enveloppées par des tourbillons de grésil, tandis qu'il ne se produisait plus aucune condensation dans le reste du ciel et que les grandes cimes neigeuses de la Bernina, auxquelles adhéraient des nuages pelotonnés, semblaient aussi en être exemptes. Mais, le même jour, un violent orage se déchaînait dans les Alpes bernoises, où une dame anglaise fut foudroyée. A l'horizon, divers pics, surtout les plus aigus, tels que le Piz Ot et le Piz Languard, continuèrent à être enveloppés par des giboulées de grésil, lors même que le ciel commençait partout à bleuir.

J'ai été témoin d'un autre cas d'écoulement de l'électricité par le sommet des montagnes lorsque je visitai, il y a plusieurs années, le Nevado de Toluca au Mexique ; mais ici le phénomène avait plus d'intensité encore, comme on pouvait s'y attendre, puisqu'il se passait sous les tropiques, à une altitude d'environ 4500 mètres.

Qu'il me soit permis de rappeler ici ce que j'en ai dit ailleurs[1].

Au mois d'août 1856, je fis, avec M. Peyrot, l'ascension du Nevado de Toluca. Nous étions en pleine saison des pluies et il était presque imprudent de tenter cette expédition à ce moment.

Nous atteignîmes le sommet sans que le ciel parût menaçant, quoiqu'on y vît errer quelques cumuli et que des brouillards rasassent par moment les aiguilles qui couronnent la montagne. Nous nous assîmes au bord du cratère pour rétablir nos forces et pour jouir un instant du spectacle grandiose qui se déroulait à nos pieds. Du haut des arêtes nous plongions de l'œil dans cet immense amphithéâtre, dont le foyer, depuis longtemps éteint, est maintenant occupé par deux petits lacs vers lesquels nous nous apprêtions à descendre. Un vent froid et désagréable remontait de ce gouffre, et pendant que nous prenions notre maigre repas, nous vîmes une nuée épaisse pénétrer dans le cratère par son échancrure sud-est et remonter vers nous en léchant les parois de l'amphithéâtre. Bientôt nous fûmes enveloppés d'un brouillard glacial. Surpris par ce symptôme menaçant, nous vîmes que nous n'avions pas un instant à perdre si nous voulions visiter le cratère, et je commençai à me dévaler à travers les éboulis qui conduisent dans la profondeur de l'amphithéâtre. Mais à peine fus-je parvenu à mi-côte que l'orage, éclatant avec une soudaineté surprenante, m'obligea à remonter au plus tôt vers le point de départ.

Ce fut d'abord une pluie fine, puis un petit grésil chassé par un vent violent. En un clin d'œil la montagne

[1] Coup d'œil sur l'hydrologie du Mexique, 1re partie (note A).

blanchit et le froid devint intense. Les coups de tonnerre qui s'étaient d'abord succédé par intervalles, roulèrent bientôt presque sans interruption et avec un fracas épouvantable, surtout lorsqu'ils sortaient de l'amphithéâtre du cratère, où je vis plonger, à plusieurs reprises, la lueur de l'éclair. Sans aucun abri au milieu de ces rochers nus, sans même un bloc derrière lequel nous blottir, il ne nous restait qu'à nous asseoir sur la terre en tournant le dos au grésil. Au bout de quelque temps, le froid devint insupportable, et l'épouvante dont la tempête nous remplissait nous chassa du sommet, quoique nous n'eussions point terminé nos observations. Pendant que nous descendions rapidement les rochers du sommet du Nevado, la pluie succéda un instant au grésil. Comme nous longions un petit ravin pierreux[1] formé par d'anciennes coulées de trachyte et où commence la végétation des herbes, l'orage parut se calmer un instant; les coups de tonnerre cessèrent ou s'éloignèrent, et nous vîmes avancer un nuage gris; il passa au-dessus de nous en nous enveloppant *et fut accompagné de grésil.* Aussitôt on vit les cheveux de nos Indiens s'agiter comme pour se soulever, et nous éprouvâmes diverses sensations électriques à la barbe et aux oreilles. On entendit ensuite un bruit sourd, indéfinissable, d'abord faible quoique général, mais bientôt plus fort et très-distinct. C'était une crépitation universelle, comme si les petits cailloux de toute la montagne se fussent entre-choqués. Nos Indiens terrifiés donnaient

[1] Je dois ici modifier ce passage pour plus de précision. J'avais écrit dans ma précédente notice : « Comme nous suivions une vallée pierreuse.» Il ne s'agissait que d'une légère dépression du sol, dont nous suivions le bord, c'est-à-dire presque l'arête. Le mot « vallée » dit trop et serait mal compris.

dans leurs propos un libre cours à leur superstition, et il est de fait que la rumeur qui régnait alors dans la montagne avait quelque chose d'inquiétant. Ce phénomène dura cinq ou six minutes, puis la pluie et les coups de tonnerre recommencèrent de plus belle.

Lorsque nous eûmes atteint la limite supérieure des forêts, l'orage devint plus supportable quoiqu'il tombât une de ces pluies diluviennes caractéristiques de la saison chaude sous les tropiques.

M. F. Craveri, physicien italien, établi à Mexico, qui avait fait avant moi l'ascension du Nevado de Toluca, à l'entrée de la saison des pluies, me raconta qu'il avait été témoin des mêmes faits dont il se souvenait avec terreur. L'état électrique était plus violent encore. Le 19 mai 1845 ce voyageur monta au Nevado de Toluca par le côté sud-est, en partant de Tenango, et il redescendit par le versant nord-ouest sur Toluca. Le versant sud-ouest était dépourvu de neige en cette saison.

Le phénomène électrique fut amené subitement par un nuage arrivant de l'ouest et qui avait peut-être pris naissance sur les champs de neige de ce versant. A peine les voyageurs en furent-ils enveloppés qu'ils éprouvèrent la sensation que produit l'électricité, et celle-ci fut presque immédiatement suivie d'un bruit sourd. Ils sentirent à toutes leurs extrémités, aux doigts, au nez, aux oreilles, des courants électriques confus. La crainte qui les saisit alors au milieu de ces solitudes élevées leur fit immédiatement commencer la descente d'un pas précipité. Le tonnerre ne grondait pas encore; mais, au bout de cinq minutes, *il tomba une neige semblable à du riz,* et le nuage communiquant son électricité au sol, il s'éleva de celui-ci le même bruit que j'ai indiqué ci-dessus. Ce bruit

fut très-intense et il paraissait général dans toute la montagne. Les longs cheveux des Indiens se tenaient raides et hérissés, donnant à la tête de ces gens une grosseur énorme. La vue de ce phénomène ajoutait à la terreur panique des personnes qui avaient pensé trouver du plaisir dans cette expédition.

Le bruit si singulier qui se fait entendre dans les rochers des montagnes au moment du phénomène électrique, mérite d'être étudié par des physiciens compétents. Il ressemble au claquement que produiraient de petits cailloux s'ils s'entre-choquaient en étant alternativement attirés et repoussés par l'électricité ; mais il me paraît certain qu'il tient à une sorte de crépitation ou de pétillement de l'électricité qui s'échappe par les aspérités du sol rocailleux.

Une troisième observation du même genre est due à M. Craveri qui fut surpris par le même météore près du sommet du Popocatepetl, le 15 septembre 1855, avec cette différence que, la scène se passant sur des champs de neige, le bruit de la crépitation du sol ne se produisait pas.

Voici maintenant les faits analogues qui sont parvenus à ma connaissance :

En 1767, H.-B. de Saussure visita le sommet du Brévent en compagnie de Pictet et Jalabert[1].

Les voyageurs y furent électrisés directement au point qu'en étendant la main ils éprouvaient des picotements au bout des doigts ; l'électricité s'en échappait avec un certain frémissement. Bientôt on put tirer des étincelles du

[1] Voyage dans les Alpes, tome II.

bouton d'un galon d'or qui entourait le chapeau de l'un d'eux, ainsi que de la ferrure d'un bâton de montagne.

Ces effets furent attribués à un grand nuage orageux qui occupait la région moyenne du Mont-Blanc, et qui peu à peu s'étendit jusqu'au-dessus du Brévent.

A douze toises au-dessous de la cime de la montagne, l'électricité ne se faisait plus sentir. L'orage gronda autour du Mont-Blanc ; mais sur le Brévent il ne tomba qu'une petite pluie de courte durée, et l'orage se dissipa.

Il est facile de voir par ce récit que l'orage ne régnait pas au-dessus du Brévent au moment de l'observation, puisqu'il ne tombait pas de pluie, mais que sur ce point l'électricité se déchargeait en courant continu par la cime de la montagne.

En juillet 1863, M. Spence Watson, visitant le col de la Jungfrau avec quelques guides, fut assailli par un ouragan accompagné de grêle et de neige. Les bâtons se mirent à *chanter ;* les voyageurs éprouvèrent des sensations de chaleur à différentes parties du corps [1], surtout à la tête, et les cheveux se tenaient hérissés ; un guide ôta son chapeau en criant que sa tête brûlait ; un voile se tenait dressé en l'air. Il s'échappait aussi des courants électriques par le bout des doigts des voyageurs. Les coups de tonnerre (dans le lointain, puisqu'on ne vit pas d'éclair) interrompaient un instant le phénomène. Enfin, on ressentit des secousses, et M. Watson eut le bras droit paralysé pendant quelques minutes. Ce bras resta plusieurs heures le siége de vives douleurs [2]. Pendant ce

[1] Cette sensation de chaleur me semble être de même espèce que la douleur que j'éprouvais dans le dos.

[2] *Alpine Journal*, septembre 1863.

temps, *la neige tombait en sifflant comme la grêle*[1]. Mais ce qu'il y eut de plus remarquable, c'est que la neige émettait un bruit, un pétillement analogue à celui d'une vive ondée de grêle, évidemment l'analogue de celui qu'émettait le sol du Nevado de Toluca dans l'observation ci-dessus décrite. Le phénomène dura vingt-cinq minutes. Il n'eut d'autre suite fâcheuse que la brûlure du visage des voyageurs, dont ils souffrirent comme s'ils avaient été exposés au soleil sur la neige.

M. Forbes en passant par le St-Théodule entendit le chant des bâtons, et, en juillet 1856, M. Alizier de Genève fut témoin du même phénomène, près du sommet de l'Oldenhorn, par un ciel couvert où se préparait un orage qui éclata une heure après et *qui fut mêlé de grêle*[2].

Nous ne parlerons pas de l'orage durant lequel le colonel Buchwalder et son aide furent foudroyés sur le Sentis, parce qu'il s'agit ici d'un phénomène différent qui appartient plutôt à la catégorie de la foudre.

Mais les illuminations nocturnes des rochers rentrent probablement dans le phénomène d'écoulement électrique par les cimes culminantes. M. Fournet cite à ce sujet la belle illumination des rochers des Grands-Mulets (Mont-Blanc), observée par M. Blackwall, dans la nuit du 11 août 1854, et qui fut accompagnée d'étincelles. En revanche, le phénomène de l'électricité étalée sur les lacs[3] et sur les plaines très-sèches des plateaux élevés, ne nous paraît pas d'une nature identique. Enfin, le fait étonnant

[1] Probablement de la neige ressemblant à du riz, du grésil.

[2] Voyez l'*Echo des Alpes*, 1865, nº 4, la notice de M. C.-M. Briquet, *Sur les phénomènes électriques qui accompagnent les orages à de grandes altitudes*, où ces observations sont recueillies et rapprochées. Genève, 1865.

[3] Voyez Fournet, *loc. cit.*, p. 634.

de l'électricité galopante, courant sur les prairies, observé par M. Quiquerez près Courtamon, pourrait être envisagé comme une variété de la foudre, une foudre en miniature résultant de ce que le nuage électrisé rasait la terre et se déchargeait sur toute sa surface par mille étincelles qu'on voyait courir sur les prés. Il est probable que ces phénomènes doivent se diviser en plusieurs catégories, dont les causes ne sont pas identiques. Les uns proviennent d'une tension statique, les autres d'une série de décharges qui ont quelque analogie avec la foudre.

Le phénomène du *chant des bâtons* ou du bourdonnement du sol constitue encore une autre espèce. Il n'a été observé que sur le sommet des montagnes ou sur des arêtes culminantes, jamais, que je sache, dans les plaines ou au fond des vallées. Il suppose une action dynamique continue, soit un écoulement du fluide vers les nuages par les conducteurs terrestres les plus saillants, sensiblement différent des tensions statiques et des décharges saccadées.

Si l'on rapproche les observations que nous venons d'indiquer, on y remarquera divers traits communs.

1° L'écoulement de l'électricité par les rochers culminants des montagnes se produit par un ciel couvert, chargé de nuages bas, enveloppant les cimes, ou passant à une petite distance au-dessus d'elles, mais sans qu'il y ait des décharges électriques au-dessus du lieu où se produit l'écoulement continu. Il semble donc que, lorsque cet écoulement peut se produire, il soulage assez la tension électrique pour empêcher la foudre de se former.

2° Dans tous les cas observés le sommet de la montagne était enveloppé par une giboulée de grésil, ce qui

doit faire supposer que l'écoulement continu de l'électricité du sol vers les nuages n'est pas étranger à sa formation et probablement aussi à celle de la grêle.

Au Piz Surley et au Nevado de Toluca il tombait du grésil, ou de la neige analogue à du riz, et au col de la Jungfrau la neige tombait *en sifflant comme de la grêle*, ce qui semble indiquer qu'il tombait plutôt du grésil que de la neige.

Sans doute, on doit faire la part de la température plus élevée des vallées où le grésil allant se fondre tourne à l'état de pluie, mais nous croyons cependant que dans ces cas particuliers que nous venons d'indiquer le phénomène de la pluie tombant dans la vallée et du grésil des aiguilles isolées ne tiennent pas à une condensation s'effectuant suivant des lois identiques dans toute l'étendue du ciel. Ainsi, en particulier, pendant l'observation du 22 juin 1865, je voyais à l'horizon toutes les aiguilles de rochers, quoique isolées et très-éloignées les unes des autres, enveloppées d'une poussière de grésil qui persista fort longtemps, tandis que dans le reste du ciel toute condensation avait cessé, et que dans la vallée il ne tomba qu'une forte ondée de pluie de très-courte durée.

D'ailleurs le phénomène qui se passait autour des cimes de rochers était bien différent de celui qui inondait les vallées. Autour des pyramides élevées c'étaient des colonnes d'un grésil fin et très-clair-semé ; dans la vallée une grosse pluie abondante, comme n'en aurait pas produit le grésil clair-semé des cimes s'il avait tourné à l'état de pluie. Autour des pyramides par lesquelles s'écoulait l'électricité la condensation offrait donc le caractère spécial d'être peu abondante, poussiéreuse (grésil fin) et plus persistante que dans le reste du ciel.

Le phénomène électrique qui vient d'être décrit et qu'on pourrait nommer le *bourdonnement des montagnes*, ne paraît pas rare dans les hautes régions, sans cependant être très-fréquent. Parmi les guides et les chasseurs que j'ai interrogés à ce sujet, les uns ne l'avaient jamais observé, d'autres ne l'avaient entendu qu'une ou deux fois dans leur vie. Mais il est juste d'ajouter qu'il se présente précisément dans les journées où le ciel menaçant éloigne les voyageurs des points culminants.

SUR LA

PRODUCTION DE CHALEUR DANS L'AIR

TRAVERSÉ

PAR DES DÉCHARGES ÉLECTRIQUES

PAR

M. J.-C. POGGENDORFF

(*Annales de Poggendorff*, mai 1867, t. CXXXIII, p. 107, nº 9)[1].

Si je me permets de revenir encore sur un sujet dont j'ai déjà entretenu l'Académie à deux reprises, en 1855 et en 1861, c'est qu'il est devenu susceptible d'un nouveau développement depuis l'heureuse découverte de M. Holtz.

Mes recherches antérieures sur le dégagement de chaleur des étincelles électriques s'étaient bornées à celles faites avec l'inducteur, parce que je n'avais pas à ma disposition des étincelles d'une autre origine en quantité suffisante. J'avais bien cherché par tous les moyens imaginables d'utiliser les étincelles de la machine électrique ordinaire ; mais cet appareil s'est présenté comme une source d'électricité tellement pauvre que tout essai en vue de déterminer la température des étincelles, ou seulement la différence de température des pôles, a complétement échoué.

Cet inconvénient est maintenant écarté d'une manière

[1] Nous reproduisons en entier le mémoire intéressant de M. Poggendorff, en le faisant suivre de quelques remarques. (*Réd.*)

très-satisfaisante. La machine électrique inventée par M. Holtz, la machine par influence ou — comme M. Riess propose de la nommer — la machine électrophorique, fournit de l'électricité qui possède tous les caractères de l'électricité de frottement, et cela en si grande abondance que l'on peut étudier sans équivoque tous les phénomènes qui accompagnent les étincelles.

M. Holtz a déjà montré, bien qu'il ne l'ait pas mesurée, que les étincelles de sa machine dégagent une quantité considérable de chaleur. Ainsi, en les faisant passer par un tube de verre, ce dernier s'échauffait tellement qu'il enflammait une allumette à friction mise en contact avec lui, et qu'en les faisant sauter entre les pointes aiguës de deux électrodes très-rapprochées, elles pouvaient allumer du phosphore et du coton-poudre.

J'ai confirmé cette expérience par un essai préliminaire avec un thermomètre qui, placé entre deux électrodes sphériques distants de 12^{mm}, s'élevait en une demi-minute de 15° à 20°.

Ce dégagement de chaleur si nettement accusé me donna l'espérance de pouvoir obtenir un résultat satisfaisant avec la machine par influence quant à la différence de température entre les deux pôles, dont on n'a encore aucune donnée pour l'étincelle de l'électricité de frottement, et mon espérance n'a point été trompée.

On sait que les étincelles par induction sont beaucoup plus chaudes au pôle négatif qu'au pôle positif, tandis que l'inverse [1] a lieu pour les étincelles de la pile voltaïque,

[1] On n'a pas encore pu jusqu'à présent mesurer la température des *étincelles* de la pile de Volta, et il n'y a guère de probabilité qu'on puisse jamais le faire, parce que, même avec les appareils les plus puissants, elles n'ont qu'une longueur excessivement petite. Gassiot,

ou du moins pour ses pôles. La question revenait donc à savoir comment se comporteraient, à cet égard, les étincelles de la machine par influence.

De plus, j'ai montré précédemment que les étincelles par induction *directes* sont beaucoup plus chaudes que les étincelles *modifiées* ou obtenues avec le concours de la bouteille de Leyde ; et ces dernières, qu'on peut considérer d'une manière générale comme des décharges de la bouteille, ne permettent pas de distinguer la différence de température des pôles des premières, mais plutôt une différence en sens inverse, bien que faible.

Enfin, mes expériences antérieures ont prouvé que la chaleur des étincelles avec l'inducteur, toutes choses égales d'ailleurs, varie selon la nature et la forme des électrodes.

Toutes ces circonstances appliquées aux étincelles de l'électricité de frottement n'ayant point encore été examinées, cela m'a engagé à en faire l'objet d'une étude spéciale.

La manière de procéder dans ces recherches était, comme précédemment, *mutatis mutandis*. De même qu'avec l'inducteur, il ne peut pas être question ici d'une mesure proprement dite, mais seulement d'une appréciation du plus et du moins, ce qui, au fond, suffit pour le but que j'ai en vue.

Entre les deux pôles, et beaucoup plus près de l'un que de l'autre, souvent même en contact avec lui, était placé un thermomètre très-sensible, dont l'indication res-

à l'aide de sa batterie à eau de 3250 auges, n'a pu obtenir des étincelles que de 0,02 pouce anglais de longueur. On peut donc renoncer à pouvoir jamais saisir une différence de température des pôles pour l'étincelle de Volta.

tait invariable pendant toute la durée d'une série d'expériences; quand on voulait changer le pôle dont on étudiait la température, on renversait la direction du courant.

Dans ce but on faisait décrire au disque fixe une rotation de 180°, ou bien, ce qui était plus commode, pendant que la machine était en activité on approchait du disque fixe par derrière et pour quelques instants une feuille de carton recouverte d'étain. Si cette feuille de carton est assez grande pour que les extrémités atteignent les deux bords de papier dentelés, le courant change de sens presque toujours immédiatement, ou bien, si cela n'a pas lieu et si le courant se borne à disparaître, on peut très-facilement le développer en sens inverse au moyen du caoutchouc durci frotté; ce qui sans cela serait assez difficile.

Il serait plus simple, au lieu de renverser le courant, de lui laisser sa première direction et de transporter le thermomètre d'un pôle à l'autre. Mais on n'est jamais sûr alors que le thermomètre ait la même position à l'égard des deux pôles; or une différence rendrait le résultat incertain.

Avant de commencer l'expérience on faisait communiquer les deux électrodes au moyen d'un arc métallique muni d'une poignée isolée: la machine était alors mise en activité, et lorsqu'à un moment déterminé d'avance on enlevait l'arc métallique, le courant d'étincelles passait immédiatement et le thermomètre commençait à monter.

Comme l'effet de la machine dépend essentiellement de la rapidité de rotation du disque, il faut nécessairement que cette rapidité soit aussi constante que possible pendant les expériences qui doivent être comparées. On atteindrait ce but le plus sûrement au moyen d'un mouve-

ment d'horlogerie; mais cet arrangement serait difficile et dispendieux. J'ai dû me borner à tourner avec la main et j'ai rendu le mouvement aussi uniforme que possible à l'aide d'un pendule comparé avec un chronomètre. En faisant douze tours de manivelle en quinze secondes, j'obtenais une vitesse 6 $^1/_2$ fois plus grande, pour le disque de verre tournant, au moyen des poulies et des transmissions de mouvement. Les mêmes nombres que j'ai obtenus, en répétant plusieurs fois la même expérience, prouvent la constance de la rapidité, et par conséquent aussi celle de l'effet de la machine que l'on peut atteindre.

Les thermomètres que j'ai employés étaient à reservoirs éllipsoïdaux de $4^{mm},5$ et $5^{mm},5$ de diamètre horizontal. La distance d'un thermomètre à l'un des pôles était de 0 ou 1^{mm}, tandis qu'il était, tantôt à 7^{mm}, tantôt à 13^{mm}, de l'autre pôle. Il n'est pas prudent d'augmenter la distance, parce que, ou bien le courant disparaît, ou bien il risque de changer de sens.

Pour mesurer la différence de température des pôles, j'ai suivi trois méthodes différentes :

Ou bien je mesurais successivement au pôle positif et au pôle négatif l'élévation de température obtenue dans un temps donné ;

Ou bien je comptais le nombre de tours de la manivelle nécessaires pour élever aux deux endroits le thermomètre d'un certain nombre de degrés ;

Ou bien j'entretenais le courant assez longtemps, pour que le thermomètre à l'un et à l'autre pôle atteignît un maximum.

Chacune de ces méthodes a des avantages et des inconvénients, dans le détail desquels je n'entrerai pas ici. En général, j'employais les deux dernières.

La présence d'un thermomètre entre les pôles de la machine exerce sur la décharge une influence d'une grande importance à l'égard de la mesure de la température ; influence qui n'existe pas au même degré avec les étincelles de l'inducteur.

En effet, quand on place un thermomètre entre les pôles de la machine, les étincelles ne sont pas visibles du tout, ou bien elles ne tardent pas à disparaître en se transformant, avec accompagnement d'un sifflement particulier, en un faisceau invisible de jour et de temps à autre accompagné d'étincelles.

On ne peut donc pas dire, dans ces expériences, qu'on cherche à déterminer *la chaleur des étincelles,* sans compter que les décharges directes de la machine ne constituent pas des étincelles proprement dites.

La perturbation exercée par le thermomètre varie selon la position qu'il occupe entre les pôles : elle est plus grande quand il est rapproché de ces derniers, et plus grande près du pôle positif que près du négatif ; elle varie en outre selon la forme, la grandeur et la distance réciproque des électrodes.

Cette perturbation se manifeste aussi en dehors du trajet des étincelles. On peut à volonté détourner les étincelles à droite ou à gauche au moyen d'un thermomètre ou d'une baguette de verre.

Selon les circonstances cette influence peut aussi s'exercer dans le sens inverse. Des faisceaux peuvent être transformés en étincelles. C'est ce que j'ai observé avec des électrodes terminées par des boules de $3,5^{mm}$ de diamètre et distantes l'une de l'autre de $13,5^{mm}$. En plaçant un thermomètre au milieu de l'intervalle, le faisceau invisible

de jour se transformait sur-le-champ en étincelles brillantes.

De même avec des boules de 20mm de diamètre à 25mm de distance qui ne donnaient lieu qu'à une décharge invisible dans l'obscurité, j'ai déterminé l'apparition d'un faisceau en plaçant une baguette de verre près du pôle positif, et des étincelles en la portant près du pôle négatif.

Cet effet n'est pas particulier au verre ; il est produit par tout autre corps isolant qu'on place entre les pôles de la machine. J'ai eu l'occasion dernièrement de l'observer sous des formes très-élégantes.

Des électrodes pointues à une distance d'environ 30mm ne donnent lieu, comme on sait, qu'à une décharge phosphorescente à peine visible. Si l'on remplit un tube de verre de coton non filé sans le tasser, de manière qu'il forme un bouchon lâche, et qu'on le porte entre les pointes, on obtient, sous l'influence du courant, des étincelles brillantes qui parcourent les pores du coton en traçant les ramifications les plus gracieuses. Il n'est pas nécessaire pour cela que les pointes touchent le coton ; le phénomène a encore lieu quand elles sont à une distance de 2mm. On voit distinctement les étincelles sortir des pointes. Les décharges d'une bouteille de Leyde traversent, cela va sans dire, le coton avec la même facilité en sortant des pointes ; seulement les étincelles sont plus brillantes et plus concentrées.

Le soufre, la pierre ponce, le verre et d'autres corps isolants se comportent comme le coton, quand, introduits en poudre grossière dans le tube de verre, on les place entre les pointes des électrodes.

C'est avec le sucre en pain que le phénomène est le plus beau. Il devient lumineux en offrant une belle lumière bleue, même avant que les pointes le touchent, et la lumière est encore plus brillante quand on a recours à la bouteille de Leyde.

Cette expérience rappelle celle plus ancienne de l'œuf lumineux, qui est évidemment de même nature, mais qui n'est pas aussi frappante.

J'avais cru d'abord pouvoir éviter l'influence perturbatrice du thermomètre sur les décharges, en recouvrant le réservoir de ce dernier d'un enduit métallique. Mais l'argenture du réservoir que M. le prof. Quincke a bien voulu faire sur ma demande n'a pas donné le résultat désiré. La perturbation a bien paru diminuée, mais elle n'a point cessé entièrement. Un enduit de gélatine a été aussi sans effet.

Des expériences antérieures aussi bien que celles que j'ai encore à décrire, mettent hors de doute que l'influence du thermomètre sur la conformation des étincelles s'étend en outre sur l'effet calorifique de ces dernières, et il était à craindre en particulier que la différence de température des pôles en fût modifiée, puisque le changement dans la forme de la décharge varie selon que le thermomètre se trouve près du pôle positif ou près du pôle négatif.

Toutefois je suis fondé à croire que, quand même l'amplitude de la différence de température peut avoir éprouvé un changement, le caractère en est resté le même, de sorte que les conséquences que je tirerai des observations subséquentes, seront parfaitement justes, malgré l'influence perturbatrice du thermomètre.

Je suis encouragé dans cette manière de voir par une

quatrième méthode d'observation que j'ai plus particulièrement employée en dernier lieu.

Cette méthode consiste à placer simultanément deux thermomètres : c'est-à-dire un à proximité de chaque électrode. Il est évident que par là on n'évite pas la conversion des étincelles en faisceau ; mais elle doit être la même quelle que soit la direction du courant entre les électrodes, pourvu que les thermomètres soient semblables et que leur distance respective des pôles soit égale. On ne peut pas, il est vrai, satisfaire rigoureusement à cette dernière condition d'une manière directe, mais on obtient indirectement une grande approximation en faisant passer le courant successivement dans l'une et dans l'autre direction, ce qui revient à changer la position des thermomètres à l'égard des pôles, et en prenant la moyenne des observations dans les deux alternatives.

Cette moyenne donne évidemment l'expression fidèle, sinon de la valeur numérique de la différence de la température des pôles, du moins son caractère, pourvu que les électrodes soient semblables, ce qui est toujours sous-entendu dans la suite, à moins que le contraire ne soit spécialement indiqué.

Cette quatrième méthode se recommande d'ailleurs en outre, en ce qu'elle met directement en vue la différence de température des pôles, si l'on veut l'examiner pour un cas particulier et même indépendamment de la rapidité imprimée à la rotation de la machine. Elle donne en même temps la certitude que cette différence n'est pas suscitée par un changement dans l'intensité du courant, car le courant doit évidemment conserver la même intensité quelle que soit sa direction entre les thermomètres, dès que ces derniers et les électrodes sont récipro-

quement semblables. Il n'en résulte pas toutefois que l'on trouve la même différence de température avec deux thermomètres que celle qu'on trouve avec un seul. Ce résultat n'est pas probable en présence de la différence de résistance qu'on oppose au courant.

Dans les expériences qui suivent on n'a pas eu égard à la matière des électrodes. Ils étaient ordinairement de laiton et se terminaient ou bien par des boules de différentes grandeurs, ou bien par des cônes plus ou moins pointus.

Les boules avaient un diamètre de 14, 20 et 52^{mm}, et les cônes une hauteur de 6 et 17^{mm} pour 6^{mm} de diamètre à la base.

Avant l'expérience, tous ces pôles étaient soigneusement frottés avec une peau et de l'émeril.

Depuis l'automne dernier, j'ai exécuté un grand nombre de mesures d'après les méthodes indiquées, et me suis borné provisoirement à des décharges dans l'air atmosphérique sous la pression ordinaire. Les phénomènes qui ont lieu dans d'autres gaz et à d'autres pressions, feront l'objet d'un autre mémoire.

Les nombres qui résultent de l'observation n'ont pas, on le comprend bien, une valeur absolue. Je laisserai donc de côté tous les détails, et me bornerai à faire ressortir ceux qui peuvent servir à confirmer les résultats indiqués.

Voici les principaux de ces résultats :

1° *Les décharges directes de la machine par influence sont plus chaudes au pôle positif qu'au pôle négatif.*

Ces décharges offrent donc à l'égard de la différence de température à chacun des pôles un résultat opposé à

celui des étincelles d'induction, pour lesquelles cette différence est d'ailleurs beaucoup plus prononcée et le dégagement de chaleur dans son ensemble beaucoup plus considérable, correspondant à la quantité d'électricité en circulation, qui n'est jamais aussi grande avec la machine par influence qu'avec l'inducteur.

Voici les résultats des expériences à l'appui de la proposition énoncée plus haut :

Par la première méthode. Dans l'espace d'une minute, c'est-à-dire avec 48 tours de manivelle, le thermomètre s'est élevé

Au pôle positif de 18° C. à 52° C. = 34° C.
Au pôle négatif de 18° C. à 43° C. = 25° C.

La distance des pôles (boules de 20^{mm}) était de $3{,}5^{mm}$; la distance du thermomètre du pôle le plus rapproché était 1^{mm}.

Par la seconde méthode. Pour élever un autre thermomètre de 15° R. à 25° R., il fallait :

Au pôle positif, 19 tours de manivelle,
Au pôle négatif, 35 » »

La rapidité de la rotation et toutes autres circonstances restant les mêmes que dans l'expérience précédente.

Par la troisième méthode. De 18° C. au point de départ le thermomètre s'est élevé

Au pôle positif de 40° C.
Au pôle négatif de 36° C.

Toutes les autres circonstances comme précédemment.

Par la quatrième méthode avec deux thermomètres. Dans l'espace d'une minute ou par 48 tours de manivelle,

ils sont montés simultanément à partir de 16° C., celui :

Au pôle positif à 33°, c'est-à-dire de 17°,
Au pôle négatif à 25°, c'est-à-dire de 9°,

et après le renversement du courant, celui

Au pôle positif à 35°, c'est-à-dire de 16°,
Au pôle négatif à 25°,5, c'est-à-dire de 9°,5.

Ces expériences ont été faites à des époques très-différentes, elles ne supportent donc pas une comparaison rigoureuse, car même dans des expériences très-rapprochées les unes des autres on n'obtient pas toujours les mêmes valeurs pour les élévations de la température. Toutefois l'existence d'une différence de température des pôles et son caractère sont constatés de la manière la plus certaine.

Cette différence de température se manifeste également lorsqu'on augmente considérablement la résistance du courant.

Ainsi quand on plaçait, par exemple, de chaque côté du trajet des étincelles, un tube rempli d'eau de 50^{mm} de longueur et de 5^{mm} de largeur, le thermomètre exigeait pour monter de 13° R. à 23° R.

Au pôle positif, 22 tours de manivelle,
Au pôle négatif, 30 » »

et sans les tubes d'eau :

Au pôle positif, 18 tours de manivelle,
Au pôle négatif, 26 » »

La détermination des maxima a donné des résultats analogues. Les températures sont un peu plus basses, mais la différence est sensiblement la même.

2° *Les températures entre les pôles varient avec la*

forme de ces derniers ; elles sont d'autant plus élevées avec des boules que leur diamètre est plus grand (du moins entre certaines limites), *et avec des cônes que ces cônes sont obtus. Les différences paraissent offrir les mêmes variations.*

J'ai obtenu ce résultat par la méthode des maxima à l'aide d'un seul thermomètre, qui, avant l'expérience, marquait 18°,6 C. et était placé à 11^{mm} du pôle le plus éloigné.

Avec une vitesse de rotation de 48 tours à la minute, le thermomètre étant à 12^{mm} des pôles, ce dernier montait en maximum :

entre les cônes pointus

Au pôle positif de 28° C.
Au pôle négatif de 26° C.

entre les cônes obtus

Au pôle positif de 33° C.
Au pôle négatif de 27° C.

entre des boules de 14^{mm} de diamètre

Au pôle positif de 40° C.
Au pôle négatif de 36° C.

entre des boules de 20^{mm} de diamètre

Au pôle positif de 40° C.
Au pôle négatif de 36° C.

entre des boules de 52^{mm} de diamètre

Au pôle positif de 46° C.
Au pôle négatif de 37° C.

Ce résultat montre que, tandis qu'avec l'inducteur la température acquiert son maximum en servant d'électrodes pointues, avec la machine par influence, ce maximum est

au contraire atteint avec les grosses boules. Il fournit en outre la preuve que la température observée est due à la décharge lumineuse et non au pôle métallique; car des boules de près de deux pouces de diamètre, même creuses comme celles qui ont été employées, ne sont pour ainsi dire pas du tout échauffées par le courant d'influence, ce dont on peut facilement se convaincre; elles doivent même pour cette raison et vu leur proximité du thermomètre, exercer sur ce dernier une influence dans le sens d'un abaissement de température qui l'empêche d'atteindre un maximum plus élevé.

Je n'examinerai pas pour le moment la cause de la différence de l'élévation de la température qui résulte de la forme et de la grandeur des électrodes. Il me semble que, tel qu'il ressort des expériences que je viens de mentionner, ce phénomène est complexe et qu'il dépend en même temps, probablement, d'une variation dans l'intensité du courant.

Pour se rendre un compte exact de l'influence que peuvent exercer la forme et la dimension des électrodes, il faudrait pouvoir maintenir dans un état constant l'intensité du courant, c'est-à-dire la quantité d'électricité qui passe dans l'unité de temps; or, pour la machine par influence, je ne connais[1], jusqu'à présent, aucun moyen propre à atteindre ce but. Je suis disposé à croire que, dans les expériences décrites, l'élévation de la température était accompagnée d'une augmentation dans l'intensité du courant.

Quant à la différence de la température des pôles, qui

[1] On pourrait, à la vérité, mesurer l'intensité du courant à l'aide d'un galvanomètre; mais les tours devraient en être isolés avec un soin tout particulier pour donner des résultats sûrs.

constitue le principal objet de ce travail, elle ne peut pas, soit dit en passant, être attribuée à un changement d'intensité du courant occasionné par le thermomètre, car, comme il a été dit, on la constate aussi quand on place simultanément deux thermomètres entre les pôles.

Si dans les résultats consignés plus haut il reste peut-être encore quelques doutes sur l'influence qu'exerce l'intensité du courant, il faut cependant admettre qu'elle se manifeste aussitôt que la distance réciproque des pôles est modifiée. La simple vue des pinceaux lumineux qu'on observe dans l'obscurité sur le disque tournant prouve d'une manière frappante, qu'en augmentant cette distance, l'intensité du courant diminue, et il est assez naturel qu'il en résulte une diminution dans le dégagement de chaleur.

J'ai donc laissé de côté cette partie de la question, quoiqu'il ne doive pas être sans intérêt, plus tard, de constater si la relation qui existe pour le courant galvanique entre l'intensité du courant et le dégagement de chaleur, existe aussi pour le courant par influence.

Je ferai seulement observer que lorsque avec la machine par influence on dépasse certaines limites d'écartement des électrodes, il en résulte cette difficulté que le courant ne reste pas constant, mais qu'il diminue peu à peu et finit par s'éteindre. Les bords dentelés qui, avec une faible distance des électrodes, jouissent dans la machine de Holtz de la propriété surprenante de multiplier la quantité d'électricité communiquée à la machine dans l'origine et de maintenir la constance du courant, refusent leur service en ne fournissant pas autant d'électricité qu'il s'en neutralise entre les pôles. Ce résultat se présente lors même qu'on fait usage des deux aides-aspirateurs que j'ai utilisés dans

mes précédentes recherches. Mais le courant reparaît lorsqu'on réunit de nouveau les électrodes.

Le troisième objet de mes recherches était d'examiner l'influence qu'exerce la nature des électrodes sur le dégagement de chaleur. J'ai trouvé que :

3° *L'élévation de la température varie avec la matière dont les électrodes sont faites; toutes choses égales d'ailleurs, elle est d'autant plus grande que le métal qui les constitue est plus volatil.*

J'ai observé ce fait avec des boules de fer, de cuivre, de zinc, d'étain et de bismuth, dont le diamètre était de 3,5^{mm}.

Dans une expérience elles étaient placées à une distance de 14^{mm}, et le thermomètre situé au centre marquait 20° avant de commencer. Avec une vitesse de rotation de 48 tours à la minute le maximum d'échauffement était

pour le fer de	45°,5
» le cuivre.	47°,0
» le zinc.	47°,5
» l'étain	48°,0
» le bismuth. . . .	50°,0

Dans une autre expérience, où la distance des pôles n'était que 7^{mm}, le thermomètre, placé au milieu et marquant 20°, s'est élevé en une minute, la vitesse de rotation étant la même,

pour le fer à	41°,5
» le cuivre. . . .	42°,5
» le zinc	46°,5
» l'étain	47°,0
» le bismuth. . .	48°,0

Ces résultats concordent généralement avec ceux que j'avais obtenus avec les étincelles d'induction, et qui sont consignés dans les Comptes-Rendus de l'Académie de 1855. Seulement les différences étaient alors plus grandes, ce qui s'explique facilement puisque le courant par induction a une plus grande intensité que celui par influence. Aussi n'aperçoit-on ici aucun transport de matière, tandis qu'avec les étincelles d'induction il se produisait distinctement un dépôt d'oxyde sur le thermomètre. Toutefois, quoiqu'à un moindre degré, il doit aussi, sans aucun doute, y avoir ici un transport de matière et je suis disposé à lui attribuer, comme pour les étincelles par induction, la première cause du plus grand échauffement occasionné par le métal le plus volatil. Il est probable que les particules entraînées rendent le trajet de la décharge meilleur et augmentent par là l'intensité du courant.

Un autre phénomène intéressant prouve d'ailleurs que le courant par influence n'est pas entièrement dépourvu de la faculté de transporter de la matière.

On sait que, quand on fait passer un courant d'induction dans des tubes vides d'air dans lesquels on a fondu à chaque bout un fil de platine, il se dépose très-vite un précipité noir de platine métallique sous la forme d'une fine poussière, autour du fil négatif, et qui s'étend aussi loin que le fil pénètre dans le tube.

Si l'on y fait passer un courant par influence, rien de pareil ne se présente; le tube reste pur, quelle que soit la durée de l'expérience.

Mais si le tube vide d'air contient un peu de mercure et que quelques parcelles s'en soient attachées aux fils de platine, on voit l'extrémité négative du tube se tapisser

de mercure très-divisé, comme cela a lieu avec le platine et le courant d'induction.

Dans ce dernier cas, le courant d'induction transporte les deux métaux, le mercure et le platine : ce dernier s'amalgame au premier et il se forme un beau miroir métallique à la paroi intérieure du tube, aussi loin que le fil négatif y pénètre.

Reste, enfin, encore la question de savoir si la différence de température des pôles est influencée par la nature des électrodes. Pour résoudre cette question j'ai fait quelques expériences d'après la quatrième méthode avec des boules de bismuth et des boules de fer. Mais les résultats ont offert si peu de différence que je ne me hasarde pas à affirmer s'il y en a une ou non.

Je passe maintenant à la seconde partie de mes recherches, savoir à l'étude des décharges *modifiées*.

Rigoureusement on ne peut guère étudier les décharges de la machine par influence que modifiées quant à la différence de température, puisque le thermomètre provoque par lui-même une modification et qu'on ne connaît jusqu'à présent pas d'autres moyens que le thermomètre pour observer cette différence.

Je me bornerai donc ici à ne comprendre sous le nom de décharges modifiées que celles qui résultent d'un changement apporté à la machine même.

La plus simple de ces modifications consiste dans un changement des pôles ou des extrémités des électrodes.

La production d'électricité avec la machine par influence est incontestablement continue, et d'après cela on serait en droit d'attendre que la décharge entre les pôles est aussi continue.

Toutefois elle ne l'est pas généralement dans l'air ou dans les autres gaz sous la pression ordinaire. Dans ces circonstances elle n'est continue que quand les électrodes se terminent par des pointes et que ces dernières ne sont pas trop rapprochées. On obtient alors une décharge ou bien en faisceau ou bien phosphorescente, et cette dernière en particulier doit être évidemment considérée comme continue en raison de l'absence de tout sifflement.

D'autre part, si les électrodes se terminent par des boules ou par des plaques, ou si les pointes sont suffisamment rapprochées, on obtient des étincelles; or les étincelles sont toujours l'attribut et le résultat d'une décharge discontinue ou interrompue.

Cependant, telles qu'elles apparaissent entre des boules de même grandeur et à une distance modérée, les étincelles ne méritent, à vrai dire, pas ce nom, si l'on entend par étincelles des points lumineux compacts ou des jets lumineux tels que les fournissent, par exemple, la bouteille de Leyde et l'inducteur.

Dans ces circonstances, la décharge est plutôt un mélange de faisceaux ou de bandes et d'étincelles, car elle présente des stries ou des bandes d'un rouge violacé, douées d'une lueur très-faible, de jour à peine appréciables, qui ne se manifestent dans le voisinage immédiat des pôles que par de toutes petites étincelles jaunâtres. Ces petites étincelles sont plus longues au pôle positif qu'au pôle négatif, et peuvent servir ainsi à distinguer le premier du second.

Quand on emploie comme pôles de petites boules, on observe en les éloignant que la bande violette s'élargit et prend la forme ordinaire du faisceau, tandis que les pe-

tites étincelles lumineuses constituent au pôle positif la queue de ce faisceau.

Ce phénomène acquiert le plus d'éclat entre des grosses boules d'environ deux pouces de diamètre. On voit alors, et encore mieux dans l'obscurité, la bande violette se diviser en plusieurs bandes parallèles qui changent incessamment de position et affectent la forme d'arcs, dont la convexité est tournée en haut sans doute par suite de l'échauffement de l'air. Les petites étincelles vers les pôles s'allongent et sont plus vives, et apparaissent même de temps à autre au milieu des bandes. En outre le sifflement qu'on entend est d'un ton plus bas qu'avec de petites boules, ce qui prouve que les décharges entre les grandes boules s'effectuent plus lentement qu'entre les petites.

Lorsqu'on adapte au pôle positif une plus petite boule, de $^3/_4$ de pouce par exemple, tandis qu'on en conserve une grande au pôle négatif, on obtient en augmentant la distance un superbe faisceau qui, en utilisant l'aide-aspirateur, décrit ailleurs, atteint une longueur de 4,5 pouces et qui se scinde ensuite en deux faisceaux, l'un positif et l'autre négatif. Si l'on remplace la grande boule par un disque, on obtient aussi un beau faisceau, mais il a une autre forme et ne se divise pas comme le premier.

De même que la nature de la décharge dépend de la forme, de la grandeur et de la distance réciproques des pôles, et, en outre, de la direction du courant, de même elle est aussi *modifiée* quand à un des pôles on dérive le courant par un contact. La décharge en faisceau d'une faible lueur passe aussitôt à l'état d'une décharge d'étincelles d'un grand éclat. Cet effet se présente surtout quand on détourne le pôle positif, et cette production d'étincelles

se maintient, ce qui est assez remarquable, encore un certain temps après qu'on a interrompu la dérivation.

Les petites boules favorisent mieux ce phénomène que les grandes. Cependant, il ne faut pas les écarter trop, parce que le courant s'éteindrait après avoir fait entendre un ton bas et vibrant.

Le bruit intermittent des étincelles ainsi que la hauteur du ton sont une preuve certaine que les décharges qui donnent lieu à ces étincelles se succèdent moins rapidement que celles qui produisent les faisceaux non interrompus.

La communication avec la machine au moyen de *gros conducteurs* produit les mêmes résultats que la dérivation, quand même on n'enlève point d'électricité à la machine.

J'ai fait faire deux conducteurs de ce genre: ce sont des cylindres de zinc, terminés par des calottes hémisphériques, qui ont deux pieds de longueur et qui offrent chacun une surface de 2 $^{1}/_{4}$ pieds carrés. Ils reposent sur des supports vernis; chacun de ces cylindres est muni à l'extrémité de deux boules de laiton de deux pouces de diamètre, dont l'une est percée pour recevoir les électrodes de la machine de M. Holtz.

Je n'ai pas tardé à reconnaître cependant que cet arrangement est superflu, parce que l'effet est le même, soit que les conducteurs laissent passer le courant dans le sens de leur longueur, soit que par un contact latéral ils forment pour ainsi dire une impasse. La seconde disposition étant beaucoup plus commode que la première, je me suis contenté le plus souvent d'adopter ces conducteurs latéralement aux électrodes de la machine.

Le contact d'*un* conducteur avec l'*une* des électrodes, surtout avec l'électrode positive, suffit déjà pour transfor-

mer les faisceaux en étincelles, et l'effet est plus complet quand chaque électrode est pourvu d'un conducteur.

Ce sont les petites étincelles produites tout près des pôles par la décharge non modifiée, qui éprouvent les premières l'effet des conducteurs; elles s'allongent et deviennent plus vives et plus blanches, tandis que le reste de la décharge conserve une coloration bleue peu lumineuse. Toutefois, en augmentant la distance des pôles, la décharge présente, dans toute son étendue, des étincelles blanches, compactes.

Sous le rapport de l'intensité lumineuse et de l'énergie, ces étincelles rivalisent avec les décharges de la bouteille de Leyde, bien qu'il ne puisse pas être question ici d'un effet de bouteille, car les conducteurs sont beaucoup trop écartés l'un de l'autre pour que leurs électricités puissent se condenser mutuellement, et c'est une condensation de ce genre qui constitue le caractère essentiel de la décharge d'une bouteille.

Les pulsations qui constituent le bruit permettent d'ailleurs de saisir facilement que le contact d'un conducteur ralentit la succession des décharges, et l'effet est encore plus frappant quand il y a un conducteur à chaque pôle.

L'augmentation de la surface conductrice n'est pas la cause de ce phénomène, car lorsqu'on adapte les deux conducteurs au même pôle, l'effet n'est pas plus grand que lorsqu'il n'y en a qu'un.

D'ailleurs, les formes des décharges du courant par influence dans son passage à travers l'air sont extrêmement variées, et je m'écarterais trop de mon sujet si je voulais les décrire toutes.

Je me bornerai à mentionner pour cette étude la méthode suivante, qui est tout particulièrement intéressante :

c'est d'opérer une double interruption du courant dans son trajet dans l'air entre des électrodes de différentes formes, c'est-à-dire dans une des parties entre des pointes, dans l'autre entre des boules. On peut se convaincre, par cette expérience, qu'il n'est pas possible d'obtenir dans les deux trajets à travers l'air une forme différente de la décharge, et que l'on peut de cette manière produire des étincelles compactes entre lesquelles, à distance égale, il n'est pas possible sans cela de les produire.

J'aurai l'occasion plus loin de revenir avec plus de détails sur ce sujet.

Nous avons vu dans ce qui précède que les décharges de la machine deviennent discontinues d'autant plus tôt et plus fortement, que la surface qui s'est chargée d'électricité est plus grande, fait qui me paraît rendre compte de quelle manière la discontinuité de la décharge peut se produire.

En effet, dans mon opinion, les surfaces conductrices se chargent d'électricité pendant un temps suffisant pour que cette électricité soit devenue assez dense pour que, selon, les circonstances, la décharge puisse commencer, et, une fois commencée, toute l'électricité s'écoule à la fois, moins un petit reste insignifiant. Il faut ensuite un laps de temps relativement plus long pour que les surfaces remplacent la perte éprouvée par l'arrivée d'une nouvelle quantité d'électricité, et quand ce moment est arrivé, il en résulte un second écoulement d'une manière analogue.

Je compare ce qui se passe dans ce cas avec le phénomène décrit avec soin par M. Riess, qui consiste en ce que, lorsqu'on décharge la bouteille de Leyde à une distance constante, la décharge ne reste pas limitée au pre-

mier minimum d'électricité, mais qu'elle s'étend aux $\frac{11}{15}$ de la quantité totale, quoique, en raison de la diminution de densité, la distance soit évidemment trop grande pour toutes les portions suivantes.

On a expliqué ce phénomène en admettant que la première portion d'électricité qui passe fraie la voie aux suivantes, qu'elle forme dans l'air un canal dans lequel le reste de l'électricité peut plus facilement se mouvoir et se distribuer également. Je ne veux pas contester cette supposition, mais il me semble qu'elle ne suffit pas pour expliquer à l'égard de la machine par influence, les phénomènes qui donnent encore lieu à l'intermittence après que les étincelles ont déjà frayé la voie.

Les grands conducteurs ne modifient pas seulement la forme, mais aussi l'effet calorifique de la décharge. Mais quand on veut entreprendre des mesures, un facteur important dont il faut tenir compte est le thermomètre. L'influence qu'il exerce n'est aussi considérable dans aucune autre circonstance. Avant d'avoir reconnu cette influence et d'en avoir tenu compte, je suis arrivé aux résultats les plus contradictoires.

En premier lieu, il faut absolument renoncer à employer deux thermomètres, comme il en a été question plus haut. On obtient dans toutes les mesures les mêmes résultats, qu'on adapte aux électrodes les conducteurs ou qu'on les laisse de côté, l'échauffement est toujours plus considérable au pôle positif, et les valeurs numériques de l'élévation de la température sont, dans les deux cas, à peu près identiques.

La raison en est tout simplement que, dans les deux alternatives, la décharge conserve la forme de faisceau.

Les thermomètres, par leur présence entre les deux pôles, neutralisent par conséquent complétement l'effet des conducteurs.

Quand il s'agit d'étudier le rôle de ces derniers, il est indispensable d'empêcher la décharge d'affecter la forme d'étincelles que les conducteurs provoquent. On atteint ce but, du moins assez exactement, en n'employant qu'un seul thermomètre qu'on porte successivement d'un pôle à l'autre, et de plus en le mettant en contact avec lui.

Dans cette disposition, les étincelles ne sont à la vérité pas semblables ; elles sont plus vives et plus brillantes quand le thermomètre se trouve au pôle positif. Mais, dans les deux cas, ce sont de véritables étincelles sans sifflements et sans faisceaux, et l'on peut ainsi espérer de pouvoir observer exactement au moins le caractère propre à la différence de température qui a eu lieu entre les pôles.

Voici le résultat auquel je suis arrivé à la suite d'un grand nombre d'expériences :

1. *La décharge par étincelles, en employant des conducteurs, ou sans conducteurs, donne lieu en somme à un échauffement moindre que celle par faisceaux.*

Dans le premier cas, la différence de température des pôles est en sens inverse, c'est-à-dire que l'échauffement est plus grand au pôle négatif qu'au pôle positif.

Je citerai à l'appui les expériences suivantes :

Les pôles étant des boules de 20^{mm} de diamètre, le thermomètre, en contact avec l'un et à 12^{mm} de l'autre, exigeait pour s'élever de 22° à 32° C. :
sans conducteurs,

Au pôle positif, 14 tours de manivelle,
Au pôle négatif, 21 « »

avec des conducteurs aux deux pôles,

Au pôle positif, 105 tours de manivelle,
Au pôle négatif, 58 » »

Trois mois auparavant, j'avais trouvé dans les mêmes circonstances, pour une élévation de température de 10° C. :

sans conducteurs,

Au pôle positif, 16 tours de manivelle,
Au pôle négatif, 27 » »

avec des conducteurs aux deux pôles,

Au pôle positif, 82 tours de manivelle,
Au pôle négatif, 35 « »

Dans ces expériences, les conducteurs n'étaient qu'appuyés contre les électrodes. La différence de température des pôles conserve le même caractère quand le courant parcourt les conducteurs. Quand ils étaient ainsi posés, il fallait, pour élever le thermomètre de 10° C. :

Au pôle positif, 75 tours de manivelle,
Au pôle négatif, 17 » »

Les conducteurs n'étant qu'appuyés, il importe pour le résultat, quant à la différence de température des pôles, d'avoir égard à l'endroit où on les appuie et à la manière dont le contact a lieu.

Dans les expériences précédentes, les boutons des deux conducteurs étaient placés sur les boutons des électrodes, de sorte que les premiers étaient à une distance égale et petite des pôles entre lesquels les étincelles passaient. C'est alors que l'effet des conducteurs est le plus prononcé.

Si au contraire on les met en communication avec les électrodes au moyen de fils longs et même épais, ou si la

distance d'un des conducteurs aux pôles n'est pas la même que celle de l'autre, on peut obtenir le résultat opposé.

A ceci se rattache le fait que, quand on emploie *un seul* conducteur, la différence de température des pôles varie selon qu'on le met en contact avec l'électrode positive ou avec la négative.

Si le conducteur touche l'électrode négative, le pôle positif est le plus chaud; si au contraire il touche la positive, c'est le pôle négatif qui est le plus chaud.

La *dérivation* d'un des pôles produit un effet semblable à celui qui résulte de l'*attouchement d'un seul côté* d'un conducteur.

Si l'on met le pôle positif en communication avec la terre, la température y est considérablement abaissée et s'égalise à peu près avec celle du pôle négatif.

Si au contraire c'est le pôle négatif que l'on dérive, la température s'abaissera bien au pôle positif, mais beaucoup moins, et elle restera *plus élevée* qu'au pôle négatif, où, dans les deux cas, elle se maintiendra à peu près au même degré, qui est celui auquel elle se serait élevée en l'absence de toute dérivation.

C'est ce que montre l'expérience avec *deux* thermomètres, entre lesquels l'influence de la dérivation sur la décharge se fait moins sentir que quand on opère avec *un seul* thermomètre qui conduit à des résultats un peu différents.

Avec deux thermomètres, la dérivation du pôle négatif ne produit aucun changement, pour ainsi dire, sur la décharge obscure en faisceau; la dérivation du pôle positif y fait au contraire apparaître des étincelles. L'effet est plus grand quand on opère avec un seul thermomètre.

La *bouteille de Leyde*, soit *la simple* proposée à l'origine par M. Holz pour sa machine, soit *la double*, que j'ai introduite il y a environ un an, exerce une influence plus grande encore que les conducteurs, sur la forme et l'effet calorifique des décharges électriques.

La transformation en étincelles compactes d'une grande partie des décharges en faisceaux est généralement connue et a été aussi souvent admirée qu'observée ; mais l'effet calorifique des décharges ainsi modifiées n'a pas encore été examiné.

Un très-grand nombre d'expériences m'ont conduit à ce résultat :

1) *Que l'effet calorifique produit par la décharge de la bouteille est en somme beaucoup plus faible que par la décharge directe*, et

2) *Que la différence de température des pôles dans le premier cas est l'inverse de celle qui a lieu dans le second cas, c'est-à-dire que le pôle négatif est le plus chaud.*

L'effet de la bouteille est donc tout à fait semblable à celui des conducteurs, bien qu'il présente une plus grande intensité.

Je citerai ici comme preuves à l'appui la moyenne des résultats d'une série d'expériences dans lesquelles un thermomètre était placé entre deux boules de 20^{mm} de diamètre en contact avec l'une, et à 12^{mm} de l'autre. Pour le faire monter de 15° à 25° il fallait :
sans bouteille,

Au pôle négatif, 35 tours de manivelle.
Au pôle positif, 19 » »

avec la bouteille,

Au pôle négatif, 100 tours de manivelle.
Au pôle positif, 130 » »

Dans une autre série d'expériences j'ai cherché le maximum qu'on pouvait atteindre *avec la bouteille* et j'ai trouvé :

Au pôle positif 28°.
Au pôle négatif 31°.

Le thermomètre n'a pour ainsi dire point d'influence sur la *forme de la décharge.* La décharge s'opère toujours par des étincelles compactes, sans mélange de faisceau. Toutefois il exerce sur ces *étincelles* une influence très-visible.

En premier lieu on peut, par le moyen du thermomètre, détourner ces étincelles de leur direction rectiligne jusqu'à un écartement très-notable, comme s'il y avait une attraction.

En second lieu, les étincelles se succèdent beaucoup plus rapidement quand on interpose un thermomètre entre les pôles, que quand il n'y en a point. On pourrait peut-être croire que cela tient à ce que la présence du thermomètre raccourcit le trajet dans l'air. Mais ce qui prouve que le phénomène n'est pas dû à cette cause, ou à cette cause seule, c'est que l'accélération des étincelles varie avec la position du thermomètre : elle est plus grande quand il touche l'un ou l'autre des pôles, particulièrement le pôle positif, que lorsqu'il se trouve au milieu entre les deux.

Une simple baguette de verre ou une bande de caoutchouc durci produit d'ailleurs le même effet. Le caoutchouc accélère aussi les étincelles, ou, ce qui revient au même, augmente la distance d'explosion quand on le met en contact avec le pôle positif.

Lors même que deux thermomètres se trouvent placés

entre les pôles, les décharges de la bouteille conservent la forme d'étincelles compactes, et l'on peut ainsi prouver directement par une seule expérience que l'échauffement est plus grand au pôle négatif qu'au pôle positif.

Dans ce cas les étincelles se succèdent encore plus rapidement que dans le cas précédent, bien qu'elles passent avec une certaine hésitation ; car, quoique dans l'obscurité on n'aperçoive rien qui rappelle le faisceau, elles sont accompagnées d'un sifflement particulier, s'arrêtent même par moment et exigent une plus grande rapidité de la machine pour offrir une succession non interrompue.

De l'ensemble des expériences mentionnées dans ce travail, je crois pouvoir conclure :

Que la différence de température des pôles ne dépend aucunement de l'origine de l'électricité, mais seulement de la manière dont s'opère la décharge.

Quand la décharge s'effectue par des faisceaux purs, sans mélange d'étincelles, l'échauffement est plus grand au pôle positif ; si au contraire elle s'effectue par des étincelles compactes, c'est au pôle négatif que se manifeste la plus grande chaleur.

Jusqu'à présent, à la vérité, on n'a pas encore réussi à obtenir avec l'électricité par induction, une décharge en faisceau, sous la pression ordinaire de l'air ; mais tout porte à croire qu'elle se comporterait comme avec l'électricité par influence, ainsi que cela a lieu pour la décharge par étincelles.

Des recherches ultérieures auront pour objet de démontrer d'ailleurs comment la forme différente de la décharge peut occasionner un changement dans la différence de température des pôles.

Enfin, avant de terminer, je désire mentionner encore une expérience qui met visiblement en évidence l'influence qu'exerce la nature de la décharge sur la différence de température des pôles.

Je me suis procuré dans ce but des conducteurs ayant la forme de condensateurs : ce sont des corps creux lenticulaires et aplatis en zinc de 10 pouces de diamètre et $^3/_4$ de pouce d'épaisseur. A l'aide d'une goupille fixée au centre d'une des faces latérales, on les place perpendiculairement contre un pied. De gros fils de cuivre les mettent en communication avec la machine, tout en permettant de les rapprocher à volonté l'un de l'autre.

Quand leur écartement est considérable, c'est-à-dire de 8 à 9 pouces, ils se comportent comme les conducteurs dont il a été question plus haut; mais si on le diminue, les décharges deviennent de plus en plus semblables à celles de la bouteille de Leyde, jusqu'à ce qu'enfin elles soient identiques avec ces dernières. Il est intéressant de suivre, pendant cette transformation, la manière dont la partie lumineuse de la décharge au pôle positif acquiert toujours plus de clarté et de longueur, jusqu'à ce qu'elle remplisse toute la distance qui sépare les pôles.

Si dans cet état de choses on place, comme on l'a fait plus haut, deux thermomètres entre les pôles, de telle façon qu'ils touchent ces derniers et soient à une distance de 12^{mm} environ l'un de l'autre, voici ce que l'on observe : quand les condensateurs se trouvent à peu près à 8 pouces de distance, la décharge de la machine s'effectue par faisceaux entremêlés d'étincelles ; quand on les rapproche jusqu'à un pouce environ, distance à laquelle par l'attraction réciproque ils entrent en forte vibration sans toutefois donner lieu à des sauts d'étincelles, la machine se dé-

charge par des étincelles compactes sans mélange de faisceaux.

Dans le premier cas, le thermomètre au pôle positif indique la température la plus élevée, dans le second cas, cette dernière se trouve au pôle négatif.

Cette disposition permet, par un simple déplacement des condensateurs, de modifier à volonté la différence de température des pôles[1].

[1] L'analyse qu'a faite M. Poggendorff de toutes les circonstances qui influent sur les différences qui existent entre les températures que présente un thermomètre placé sur la route de la décharge électrique, suivant qu'il est plus rapproché de l'électrode négative ou de l'électrode positive, est du plus grand intérêt ; elle montre de la manière la plus probante que cette différence ne dépend nullement de l'origine de l'électricité, mais uniquement de son mode de neutralisation par décharges plus ou moins instantanées et continues. Les résultats de M. Poggendorff concordent tout à fait avec ceux que j'avais obtenus en opérant avec des décharges de la bobine Ruhmkorff transmises à travers de l'air très-raréfié, cas dans lesquels, quelle que fût la nature du gaz raréfié, la température était toujours plus élevée à l'électrode positive qu'à la négative. (*Archives des Sciences phys. et natur.*, tome XXVI, p. 177.) Nous reviendrons prochainement plus en détail sur ce sujet intéressant. (A. D. L. R.)

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

Dr COLLINGWOOD. SUR UN ARC EN CIEL HORIZONTAL OBSERVÉ SUR MER. (*Philosophical Magazine*, décembre 1867.)

L'auteur se trouvant sur mer le 5 mai 1867, dans la latitude 25°19′ sud et longitude 54°13′ est, fut témoin du phénomène suivant. A une heure et demie après midi, un fort grain commença à souffler du S.-S.-Est. Le soleil se trouvait alors au N.-N.-Ouest, précisément à l'opposite du grain qui s'approchait, et sur lequel il s'était déjà développé un arc en ciel d'une altitude de 12° à 15° seulement au-dessus de l'horizon. Pendant que l'auteur le contemplait, son attention fut tout à coup attirée par une brume ou vapeur légèrement lumineuse, d'un brun jaunâtre, qui se montra à l'horizon immédiatement au-dessous du centre de l'arc en question, et qui, par sa position, paraissait dépendre en quelque manière, soit de l'arc, soit de la rafale. Pendant deux ou trois minutes. cette brume est restée sans changement sensible, mais au bout de ce temps, elle a commencé à augmenter d'intensité et s'est étendue au-dessus de la mer, sous la forme d'un nuage de poussière rouge. Bientôt son éclat augmenta rapidement: elle prit peu à peu la forme prismatique, s'étendit lentement sur la mer en se rapprochant de l'observateur, et finit par présenter l'aspect d'un brillant arc en ciel horizontal couché sur la mer, dont le sommet s'élevait tout juste au-dessus de l'horizon, tandis que les côtés (limbs) paraissaient disparaître graduellement au-dessus de l'eau à moitié distance entre l'œil et l'horizon. A mesure que l'intensité lu-

mineuse de l'arc horizontal tendait à augmenter, l'arc vertical devenait toujours plus pâle, et a fini par disparaître complétement au moment où le premier avait atteint son maximum d'éclat.

Dans l'arc horizontal la couleur rouge était du côté extérieur ou convexe, tandis que dans l'arc vertical elle se trouvait du côté intérieur ou concave. Il en résulte que c'était l'arc horizontal qui était l'arc *primaire*, et le vertical, l'arc secondaire ou reflèchi. On a donc ici un exemple remarquable de l'apparition d'un arc en ciel secondaire avant que l'arc primaire se fût développé, et qui disparaissait graduellement à mesure que l'arc primaire atteignait sa plus grande intensité. Il est vrai, cependant, que l'arc vertical n'a manifesté dans aucun moment le degré d'éclat que l'arc horizontal a fini par acquérir. Ce dernier, dès que les couleurs prismatiques étaient devenues parfaitement distinctes, a paru se rapprocher rapidement de l'observateur en se developpant sous la forme d'un fer à cheval. Dès qu'il eut atteint son maximum d'intensité lumineuse jusqu'à devenir excessivement brillant, tout à coup on l'a vu d'abord pâlir, puis disparaître complétement au même moment où l'arc vertical disparaissait de son côté. Le phénomène, qui a été constamment accompagné d'une pluie fine, est resté visible pendant dix minutes environ, et pendant toute sa durée le sommet de l'arc horizontal a conservé exactement sa même position au-dessus de l'horizon, savoir, celle dans laquelle s'était d'abord montrée la vapeur lumineuse.

H. C. Sorby. Sur la couleur des nuages et du ciel. (*Philosophical Magazine*, novembre 1867.) [1]

L'explication des couleurs variées que revêtent le ciel et

[1] Voyez aussi Recherches de M. Lommel sur le même sujet. (*Annales de Poggendorff*, vol. 131, p. 105.

les nuages repose, comme le fait remarquer l'auteur, sur des principes très-simples. On sait que la vapeur transparente d'eau, à l'état de fluide élastique, absorbe les rayons rouges en plus grande proportion que les autres, tandis que les couches inférieures de l'atmosphère, peu éloignées de la terre, offrent une plus grande résistance au passage des rayons bleus. Cela est surtout vrai au moment du lever et du coucher du soleil, et est dû très-probablement à une émanation de petites particules de poussière ou d'autres impuretés provenant de la surface du sol. Le phénomène devient beaucoup plus frappant par un brouillard épais et sombre, au travers duquel les rayons rouges pénètrent plus facilement que les rayons bleus, et donnent ainsi au soleil un aspect rouge. Ces brouillards, exceptionnellement denses, n'ont souvent que quelques centaines de mètres d'épaisseur, mais l'auteur estime que le résultat serait le même, si la lumière avait à traverser une couche d'air de cent kilomètres, par exemple, d'épaisseur, dans laquelle se trouverait disséminée une quantité de brouillard proportionnellement faible. Les deux hypothèses ci-dessus ont permis à M. Sorby de rendre compte de presque tous les cas qui peuvent se présenter à l'observateur. C'est ainsi que la couleur bleue du ciel serait due à l'absorption d'une portion considérable des rayons rouges par la vapeur élastique d'eau renfermée dans une atmosphère parfaitement transparente, telle qu'elle existe à une grande distance de la terre. S'il se trouve dans cette atmosphère de très-petites particules d'eau liquide sous forme de brume légère, la couleur bleue deviendra moins intense, et c'est par cette raison que, dans les pays froids, surtout en hiver, le ciel paraît d'un bleu plus pâle qu'en été ou dans les pays tropicaux. L'auteur attribue à la même cause la couleur bleue des montagnes éloignées, cet effet étant dû principalement, d'après lui, à l'influence de la vapeur d'eau contenue dans l'air qui se trouve entre la montagne et l'observateur, et aussi en partie à ce qu'il arrive souvent que les portions de montagnes qui se

trouvent à l'abri des rayons directs du soleil, sont surtout éclairées par la lumière bleue du ciel. Lorsque l'atmosphère est très-chargée de vapeur élastique transparente, la couleur bleue acquiert une teinte plus foncée, tandis qu'en cas de brume ou de vapeur visible, cette teinte devient plus sombre. C'est par cette raison que la couleur bleue foncée du ciel indique la présence dans l'air d'une grande quantité de vapeur aqueuse, et partant, la probabilité de pluie. L'auteur fait remarquer qu'au moment du lever ou du coucher du soleil, les rayons provenant de cet astre, pour éclairer un nuage situé à un kilomètre et demi de hauteur, auront à se frayer un chemin à travers plus de 300 kilomètres d'atmosphère, éloignée de moins de deux kilomètres de la surface du sol. Dans ce cas, et lorsqu'il y a une aussi forte couche d'air à traverser, les rayons bleus se trouveront absorbés en beaucoup plus grande quantité que les rayons rouges ; il en sera de même des rayons jaunes par suite du grand nombre de lignes d'absorption dues probablement à la vapeur d'eau. Il s'en suit que les nuages doivent paraître rouges au moment du lever du soleil, mais à mesure que cet astre s'élève au-dessus de l'horizon, la lumière jaune tendra à passer plus facilement, et les nuages deviendront d'abord orangés, puis jaunes et enfin blancs. Des nuages situés dans différentes parties du ciel, ou à des hauteurs différentes, peuvent au même moment présenter ces différentes nuances. S'ils sont détachés les uns des autres, on pourra apercevoir entre deux la couleur bleue du ciel, modifiée le plus souvent jusqu'à un certain point par l'effet d'une brume excessivement fine qui réfléchira une plus ou moins grande quantité de lumière rouge ou jaune. Il en résulte que dans ce cas le ciel paraîtra bleu au zénith, présentera, en se rapprochant du soleil, d'abord une teinte verdâtre particulière due au mélange du jaune avec le bleu, et finira par devenir jaune ou rouge. Ces considérations permettent de rendre compte du magnifique spectacle de ces nuages rouges et jaunes paraissant s'ap-

puyer, pour ainsi dire, sur un ciel bleu, verdâtre ou orangé, et plus ou moins mêlés à des nuages obscurs et presque noirs, lesquels ne sont point éclairés par le soleil, ou bien sont assez denses pour intercepter complétement les rayons provenant de cet astre. Pour que le phénomène puisse se présenter, il est nécessaire que la lumière du soleil ne soit pas trop interceptée par la présence de gros nuages massifs. C'est pourquoi, lorsqu'on voit un beau lever du soleil d'un rouge vif, il est permis de conclure qu'il ne se trouve qu'un petit nombre de gros nuages à une distance de 100 à 200 kilomètres du côté de l'est; tandis que, lorsque c'est le coucher qui est d'un rouge vif, nous en conclurons qu'il ne doit se trouver qu'un petit nombre de nuages à la même distance du côté de l'ouest. Mais comme la pluie survient le plus souvent à la suite de nuages arrivant de l'ouest, il en résulte qu'un beau lever du soleil rouge indique l'arrivée probable de nuages poussés par un vent d'ouest, et par conséquent la pluie; tandis qu'un coucher d'un rouge vif dénote, au contraire, qu'il ne doit se trouver que peu ou point de nuages du côté de l'ouest, et partant, annonce la probabilité du beau temps.

Les recherches récentes de Janssen (*British Association Report*, 1866) rendent compte d'une manière très-claire de la couleur bleue du ciel, ainsi que de l'intensité croissante des lignes atmosphériques noires que l'on remarque, à la lumière du matin et du soir, vers l'extrémité rouge du spectre; mais elles ne fournissent aucune explication de l'affaiblissement si remarquable dans l'intensité de l'extrémité bleue, affaiblissement que l'auteur attribue, comme nous l'avons vu, à la présence de petites particules solides ou liquides émanées de la surface du sol.

MINÉRALOGIE. GÉOLOGIE.

SUR LA GÉOLOGIE DU HAUT-TATRA.

Le Haut-Tatra, situé sur les confins de la Hongrie et de la Galicie, est le prolongement occidental de la chaîne des Carpathes. Ce grand massif a été exploré, pendant l'été de 1867, par MM. les géologues de l'Institut géologique de Vienne, en particulier par MM. O. Stache [1] et E. de Mojsisovics [2]. Les travaux de ces savants ont d'autant plus de mérite, que nous n'avions encore presque aucune donnée sur la géologie de ce pays.

La masse centrale du Haut-Tatra est granitique. Sur les granits reposent des gneiss, des micaschistes et des schistes amphiboliques.

Au-dessus de ces terrains, on observe successivement les formations suivantes :

Calcaires et dolomies triasiques (Muschelkalk).

Grès, schistes et quartzite de Pisana (Keuper).

Calcaires et schistes marneux noirs (étage rhétique).

Marnes et calcaires tachetés du lias *(Liasfleckenmergel)* : *a.* horizon de l'*Ammonites nodotianus, A. raricostatus,* etc.; *b.* horizon de la *Terebratula numismalis, Ammonites hybrida.*

Calcaire et schistes rouges à *Aptychus,* observés en un seul point (au Babkiberg).

Calcaires et marnes néocomiennes, reconnus seulement dans la partie occidentale.

Dolomie du Choc *(Chocsdolomit);* dolomie crétacée, de mille à quinze cents pieds de puissance, reposant en stratification discordante sur les formations plus anciennes.

Eocène. Des conglomerats, des grès et des dolomies, contenant des nummulites, reposent sur la dolomie du Choc ou sur le granit lui-même. Ils sont recouverts, sur le versant

[1] Verhandlungen der k. k. Reichsanstalt, 1867, p. 377.
[2] Ibid., p. 354.

sud, du grès des Carpathes *(Carpathensandstein)*. Sur le versant nord, on observe, au-dessus des couches nummulitiques, les schistes à ménilites *(Menilitschiefer)*, dans lesquels on a constaté la présence de pétrole, et qui renferment des débris de plantes et de poissons. *(Meletta crenata*, etc.)

Les grès des Carpathes, qui reposent sur ces schistes, atteignent près de 2000 pieds d'épaisseur.

Le diluvium forme par places des dépôts puissants et les versants nord et sud de la montagne présentent de nombreuses traces de l'époque glaciaire.

Du milieu des grès tertiaires s'élèvent des masses calcaires isolées les unes des autres et formant des récifs *(Klippe)*. Ces masses constituées par les terrains secondaires ont été évidemment déposées dans les circonstances ordinaires et contiennent des faunes très-diverses. La cause de leur soulèvement est encore peu connue; plusieurs savants ont déjà remarqué que de grandes masses trachytiques se trouvent sur la prolongation directe de ces récifs. M. Mojsisovics a distingué dans les *Klippe* du Tatra un grand nombre d'horizons différents, dont voici les noms :

Lias. Lias inférieur caractérisé par des *Ammonites capricornii* et lias supérieur avec des *Ammonites falciferi.*

Dogger :

a. Schistes et calcaires à *Ammonites opalinus.*

b. Couche à *Ammonites Murchisonæ, A. tatricus*, Pusch, *A. scissus*, Ben.

c. Calcaire blanc à crinoïdes.

d. Calcaire rouge à crinoïdes (= couches de Klaus ?).

Marbre :

a. Calcaires de *Csorsztin* et de *Stramberg* (*pars)* renfermant dans les couches supérieures la *Terebratula janitor.*

b. Couches de *Rogoznik*, avec une faune de céphalopodes et de brachiopodes.

c. Couches de *Nesseldorf*, calcaires bréchoïdes rouges.

Terrain crétacé :

Néocomien et gault.

M. Mojsisovics indique une discordance de stratification entre les couches crétacées et celles du terrain jurassique supérieur qui reposent elles-mêmes en concordance sur les autres termes de la série jurassique.

E. FAVRE.

Comte François de MARENZI. FRAGMENTE UEBER GEOLOGIE, etc. FRAGMENTS DE GÉOLOGIE OU EXAMEN DE CETTE SCIENCE D'APRÈS LES PRINCIPES DE L'ASTRONOMIE ET DE LA PHYSIQUE COMBINÉS AVEC LES BOULEVERSEMENTS ET L'AGE DE LA TERRE.

M. le comte F. de Marenzi, correspondant de la Société impériale géologique, a consigné dans un petit volume imprimé à Trieste en 1865, sous le titre de *Simples fragments*, ses idées sur la formation de notre globe et les accidents de sa surface. Il traite à son point de vue les questions les plus élevées de la géologie ; il émet des idées qui ne seront peut-être pas partagées par tous les savants, mais qui ont du moins le mérite de la nouveauté et doivent engager à la méditation.

Partant de l'hypothèse de Laplace sur la formation de notre planète, M. de Marenzi la prend à son état de demi-fusion, se renflant à l'équateur et s'aplatissant aux pôles par l'effet de la rotation ; il se rend ou cherche à se rendre compte de ce qui a dû arriver à sa surface lorsque, se refroidissant avec le temps et par degrés, son volume a diminué successivement en proportion de l'abaissement de sa température. Il a dû, selon lui, se former des cavités au-dessous de la croûte déjà suffisamment refroidie pour que la vie organique commençât à s'y manifester. Il en serait résulté des *effondrements* ou enfoncements des couches géologiques primitivement horizontales. En un mot, l'auteur substitue à la théorie du soulèvement des chaînes osseuses de notre globe, celle de l'abaissement des vallées et des lacs.

Certes si l'on ne peut pas attribuer uniquement et exclu-

sivement à cette cause les accidents sans nombre qui, en tous pays, exercent la sagacité des géologues, on ne peut nier qu'elle doit y être entrée pour beaucoup et qu'il est bon d'en tenir compte. C'est en tout cas une idée qui a son poids et qu'on fera bien de ne pas rejeter sans examen.

L'auteur cherche à justifier ses assertions par une description topographique très-détaillée de la partie montueuse de la Carinthie, qu'il a fait suivre de celle de la Suisse. Cette dernière fait l'objet d'une seconde brochure publiée en 1866, et intitulée : Fragment géologique de la Suisse, selon la théorie de l'effondrement (*im Geiste der Einsturztheorie*). Elle doit particulièrement intéresser les géologues.

L'ouvrage que nous annonçons est composé de douze chapitres, auxquels l'auteur donne le simple nom de fragments, comprenant 104 pages, indépendamment d'une petite introduction et de la description de la Carinthie. Il est accompagné de quatre planches et d'une carte topographique.

D.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

Ch. Matteucci. Sur l'électrotone des nerfs et de certains fils métalliques recouverts d'une couche humide. (Lettre adressée à M. le professeur Claparède). Florence, 7 janvier 1868.

Je vous remercie, mon cher Claparède, d'avoir rendu compte, dans le dernier numéro des *Archives*, de mes expériences sur le pouvoir électromoteur secondaire des nerfs et ses applications à l'électro-physiologie.

Permettez-moi de répondre aux remarques que vous faites à la fin de votre article.

Avant tout, je veux répéter encore ici que je n'ai jamais dit qu'un nerf soit semblable à un fil de platine couvert

d'une couche humide : j'ai seulement insisté sur des analogies très-intimes et démontrées par des expériences rigoureuses entre l'électrotone des nerfs et les polarités secondaires, et voilà tout. A propos de vos objections contre cette analogie, je puis vous affirmer que *j'ai vu, au moins trente fois* dans ma vie, que l'état électrotonique *n'est pas arrêté*, mais qu'il est seulement affaibli par la ligature et la section du nerf. Hier encore je voyais un courant d'électrotone sur un nerf sciatique d'un poulet, qui donnait 36° au galvanomètre, en donner 13° après une ligature très-forte. Et sur un autre nerf semblable, après la section, en faisant bien toucher ensemble les deux parties de la section, l'aiguille se fixait à 8° par le courant électrotonique.

J'ai fait trois expériences semblables sur le fil de platine recouvert d'une couche humide. Le courant électrotonique, qui était fixé à 75° dans une expérience, est descendu à 61° après la ligature ; dans une autre expérience, de 70° à 58°, et dans la troisième, de 77° à 71°.

La section du fil de platine a donné les résultats suivants : si la couche liquide reste bien continue après la section, et surtout si l'on a soin d'ajouter une très-petite goutte de liquide dans le point de contact, il y a toujours diminution du courant électrotonique, mais elle n'est que de 2 à 3 degrés ; mais si la continuité de la couche liquide est un tant soit peu diminuée, tout en restant parfait le contact métallique, la diminution du courant électrotonique est très-grande. J'ai vu dans une expérience l'aiguille descendre de 70° à 27°, et avec une petite goutte liquide remonter à 67°.

Vous voyez que jusqu'ici les analogies se soutiennent, et qu'il est logique d'en tenir compte.

Ch. MATTEUCCI.

VAN DER HOEVEN. PHILOSOPHIA ZOOLOGICA ; 1 vol. in-8° de 400 pages. Lugduni Batavorum, 1864.

La date de la publication de la *Philosophia zoologica* ne nous permet guère de parler ici de ce livre comme d'une production nouvelle. Cependant, en lisant l'annonce d'une traduction italienne de cet important ouvrage, sur le point de paraître à Turin, nous nous sommes pris à regretter que l'œuvre de M. van der Hoeven fût restée pour ainsi dire inconnue dans les pays de langue française. Mieux vaut tard que jamais, dit le proverbe, et nous pensons bien faire de le mettre ici en pratique.

Comme le titre le fait pressentir, la *Philosophia zoologica* a été inspirée par l'exemple de la *Philosophia botanica* de Linné. Toutefois, son cadre est bien autrement vaste. Il est composé de quatre livres dont le troisième seul, relatif à la distribution des animaux, à leur désignation et à leur description, est strictement comparable à la *Philosophie botanique*. C'est un compendium des résultats et par conséquent des principes de la science sous les points de vue les plus variés, et, en ce sens, l'œuvre de M. van der Hoeven mérite encore mieux son titre que celle de l'illustre Suédois. La complication de structure et la variété des animaux comparés aux végétaux, rend d'ailleurs compte en grande partie de la différence des deux ouvrages.

Le premier livre est consacré à la nature des animaux. Il résume les résultats de l'histiologie et de l'anatomie comparée. Le second traite de l'embryologie générale et comparée, y compris les métamorphoses et les divers modes de reproduction; le troisième est consacré, ainsi que je l'ai dit, aux règles de la nomenclature; le quatrième enfin s'occupe de la distribution géographique des animaux.

Quelque compendieux que soit cet ouvrage, on ne saurait le considérer comme un manuel de la science à l'usage des étudiants, bien qu'il puisse être à ceux-ci d'une utilité incon-

testable comme mine inépuisable d'aperçus nouveaux. On reconnaît dans l'auteur un savant qui a derrière lui une longue carrière de sérieuses recherches et de labeurs fructueux. Arrivé près du terme, il jette un regard en arrière et embrasse d'un coup d'œil le champ de la science qu'il a traversé. C'est ce coup d'œil à vol d'oiseau, pour ainsi dire, c'est ce tableau avec ses détails noyés dans l'harmonie de l'ensemble, que nous trouvons retracé dans la *Philosophia zoologica.* Tout ami de la science, tout savant de profession prendra ce livre en main, le savourera lentement, puis il le placera sur le rayon de sa bibliothèque le plus à portée de la main. C'est en effet un de ces rares ouvrages qu'il faut consulter souvent dès que le besoin d'un conseil et d'un guide se fait sentir.

M. van der Hoeven a écrit son ouvrage en latin et nous comprenons à peine qu'on ait senti le besoin de le traduire, surtout en italien. Aucune langue mieux que l'idiome de Tacite n'aurait pu convenir au laconisme précis d'un auteur appelé à résumer parfois un ouvrage tout entier en trois mots. *A priori* il aurait pu paraître téméraire de vouloir *quintessencier* les sciences zoologiques dans un volume de 400 pages. M. van der Hoeven y a réussi et cependant l'on peut affirmer hardiment qu'il s'est bien rarement rendu coupable d'omissions de quelque importance. Notre siècle est essentiellement verbeux et les langues modernes ont forcément le caractère des hommes qui les parlent. La sobriété antique dont fait preuve M. van der Hoeven nécessitait le retour à une langue antique aussi.

Nous ne saurions trop louer la prudence et la sage pondération dont l'auteur fait preuve d'un bout à l'autre de son ouvrage. A propos des règles de nomenclature, dans la partie du livre par conséquent qui correspond à la *Philosophie botanique* de Linné, il a su maintenir les lois essentielles établies par Linné lui-même ou consacrées par l'usage, tout en évitant l'écueil d'un rigorisme pédantesque. Si nous com-

parons cette partie du travail de M. van der Hoeven avec les lois de la nomenclature botanique récemment adoptées, sur la proposition de M. le prof. Alph. de Candolle, par le Congrès des botanistes réuni à Paris, nous la trouvons certainement bien moins stricte et positive sur des points divers. Est-ce un bien ou un mal? Nous pensons que c'est dans tous les cas une nécessité. La botanique est une science relativement beaucoup plus avancée que la zoologie, parce qu'elle est bien moins vaste, et il est plus facile aux botanistes qu'aux zoologistes de porter un jugement sur l'opportunité de telle ou telle règle de nomenclature d'ailleurs souvent, quoi qu'on en dise, assez arbitraire. En outre, la constitution d'un système basé sur les affinités naturelles est aujourd'hui le but immédiat de la botanique. Sans doute la zoologie se propose un but semblable. Toutefois l'anatomie, l'embryologie et la physiologie qui doivent nous fournir dans chaque cas, la clef des affinités, sont encore dans bien des parties à leur début et l'étude de ces branches est pour une foule de savants le but véritable derrière lequel la constitution du système naturel n'est que vaguement entrevu. Ce fait explique comment et pourquoi la nomenclature zoologique est moins fixée, moins rigide que la nomenclature botanique. Elle est aux yeux de beaucoup d'observateurs moins un but qu'un moyen. Le jour où le système zoologique pourra être considéré comme un résumé suffisant de l'anatomie comparée, cette dernière science, aujourd'hui si importante, ne sera plus qu'une branche accessoire de la zoologie mieux comprise. Mais nous sommes encore loin de ce résultat.

Jusqu'ici je n'ai fait allusion qu'à l'excellence de la *Phylosophia zoologica*. Cet ouvrage serait-il sans défaut? Non certes, car en esquisser le plan est déjà une œuvre de hardiesse, or la critique est aisée et l'art est difficile. Comment donc la critique ne trouverait-elle pas çà et là quelque épi à glaner. Une critique réduite à glaner ici et là, c'est d'ailleurs le plus beau des éloges. M. van der Hoeven a senti lui-même une

lacune dans son œuvre. Il y manque une cinquième partie qui devrait traiter de l'histoire de la zoologie. L'auteur a reculé devant l'augmentation que son ouvrage aurait nécessairement éprouvée par suite de l'adjonction d'un chapitre, peut-être moins facile à condenser que beaucoup d'autres. Aura-t-il plus de hardiesse lorsque le temps sera venu de faire paraître une seconde édition de son ouvrage ? Espérons-le.

Peut-on reprocher à un auteur d'être parfaitement conséquent dans l'application d'un principe posé par lui ? On doit à peine hésiter à répondre par la négation à une question ainsi posée, et pourtant il est des cas où une logique trop stricte peut avoir quelques inconvénients. C'est la remarque que nous faisions à la lecture du résumé d'anatomie comparée contenu dans le premier livre de la *Philosophie zoologique*, résumé admirable d'ailleurs de lucidité et de richesse. M. van der Hoeven a adopté une division purement physiologique dans cette partie de son travail. Il ne pouvait guère en être autrement, bien qu'une division morphologique fût en réalité plus rationnelle. L'adoption d'un plan purement anatomique rencontre des difficultés insurmontables, résultant de ce que les noms généralement admis pour désigner les organes, entraînent presque toujours l'idée de la fonction de ces organes, et lorsque des organes homologues ont, malgré leur homologie, des fonctions différentes, ils ont aussi des noms différents. Aussi est-on forcément obligé, dans l'enseignement de l'anatomie comparée, de prendre une subdivision physiologique du sujet comme point de départ. Il nous semble cependant que, pour bien répondre au but de l'anatomie comparée qui est la *science des homologies*, il ne faut pas poursuivre trop loin l'application de ce principe étranger. Ainsi, à la suite des poumons des mammifères, des oiseaux et des reptiles, nous aurions aimé à voir traiter de la vessie natatoire de poissons qui en est l'homologue. Toutefois, M. van der Hoeven laisse cet organe de côté parce que, sauf

chez les *Lepidosiren*, où il constitue un véritable poumon, il ne joue pas de rôle respiratoire. D'ailleurs, cette vessie natatoire ne trouvant précisément sa place dans aucun des chapitres physiologiques adoptés par l'auteur, il en résulte qu'elle est laissée entièrement en dehors de l'anatomie comparée. Je ne la trouve mentionnée que dans le livre de l'embryologie. De même, à la suite des arcs branchiaux et de l'os hyoïde des poissons, qui en est l'homologue, on pourrait désirer assister aux transformations de cet appareil devenant rudimentaire chez les vertébrés supérieurs. Il est vrai que cette lacune est suppléée par l'embryologie et que la concision défendait peut-être d'aborder ce sujet dans deux parties de l'ouvrage. A la suite de la description des vaisseaux des reins des poissons et des reptiles, on aurait pu désirer quelques mots sur la circulation à travers les reins des oiseaux. Les homologies existent en effet, bien que le sang veineux ne serve plus à la sécrétion. Ces légers dissentiments de méthode n'ont au fond pas grande importance. L'anatomie comparée et l'embryologie sont si intimement liées l'une à l'autre, qu'il n'est pas possible de les disjoindre, ainsi que l'enseignement l'exige pourtant, sans qu'il en résulte quelques déchirures. Il est impossible de trouver une distribution du sujet parfaite à tous les égards. Le principal desideratum est qu'il n'y ait pas de lacune sensible. A ce point de vue, le bel ouvrage de M. van der Hoeven n'offre guère le flanc aux reproches, et si, pour notre part, nous eussions désiré y voir figurer certaines dispositions anatomiques passées sous silence, comme le larynx inférieur des oiseaux, les rapports divers de la vessie natatoire avec l'appareil de l'ouie chez différentes familles de poissons, etc., nous nous empressons de reconnaître que les appréciations sur la valeur relative de ces dispositions peuvent n'être pas la même pour tous les observateurs[1]. E. C.

---

[1] Ainsi M. van der Hoeven dit expressément qu'il ne peut s'étendre

Dr C. KUPFFER. UNTERSUCHUNGEN, etc. RECHERCHES SUR LE DÉVELOPPEMENT DU SYSTÈME GÉNITO-URINAIRE. (*Schultze's Archiv für mikrosk. Anatomie*, I, p. 233, et II, p. 473.)

Les premières recherches embryologiques de M. Kupffer ont été faites sur des embryons de mouton à différents âges, et l'auteur s'est appliqué à rechercher la métamorphose que subit le canal de Wolff. Il est arrivé à la conviction que le système urinaire définitif apparaît dans l'origine comme un simple diverticule aveugle du conduit de Wolff. Ce résultat faisait désirer un examen à nouveau du développement du poulet, car, dans le beau travail de M. Remak, le rein encore rudimentaire est représenté comme parfaitement distinct du conduit de Wolff et comme s'ouvrant directement dans le cloaque. En commun avec M. Goette. M. Kupffer a repris cette étude et il est arrivé à des résultats différents de ceux de M. Remak. D'après M. Kupffer et en tenant compte des observations de Wittich sur les Batraciens, il faudrait admettre que chez les mammifères, les oiseaux et les reptiles, soit les reins primordiaux, soit les reins définitifs seraient des excroissances du canal de Wolff. A ce point de vue, le rein définitif des vertébrés doit être considéré comme résultant du développement ultérieur d'une partie du système du rein primordial. Ce développement ultérieur n'est, d'ailleurs, pas parfaitement identique dans ces trois classes de vertébrés. Chez les Batraciens, en effet, c'est du conduit de Wolff que naissent directement les bourgeons creux qui représentent le rein définitif, tandis que chez les oiseaux et les mammifères, le conduit de Wolff produit d'abord une branche secondaire sur laquelle naît le rein proprement dit.

sur les dispositions par lesquelles les vibrations sont conduites au labyrinthe, ce qui montre que l'omission de la connexion de la vessie natatoire et du labyrinthe n'a point été fortuite, mais intentionnelle de sa part. Il en est probablement de même de la plupart des autres.

Ces résultats une fois obtenus, il était intéressant de faire de nouvelles recherches sur la production des reins chez les poissons. L'auteur n'a étudié, sous ce point de vue, que deux espèces: une Epinoche et un Gobius. Les résultats n'en sont pas moins dignes d'intérêt. A l'époque où le blastoderme s'est étendu sur presque toute la superficie du vitellus, sauf le point désigné par M. Vogt sous le nom de *trou vitellaire*, M. Kupffer voit apparaître une vésicule située dans l'épaisseur du blastoderme entre l'extrémité de la chorde dorsale et le trou vitellaire. Dans le principe cette vésicule s'élève au-dessus de la surface du vitellus, au point qu'on peut hésiter à la considérer comme faisant partie du rudiment embryonnaire. Plus tard, cependant, la chorde dorsale en se prolongeant vers le trou vitellaire la refoule contre le vitellus. Cette vésicule tapissée d'un épithélium régulier a échappé jusqu'ici aux observateurs. Ni Baer ni Rathke n'en ont fait mention. M. Kupffer la considère comme l'allantoïde. Seul M. Vogt, après avoir décrit l'urétère chez les embryons de poissons, ajoute qu'il a vu une dilatation de ce canal près de son extrémité postérieure, dilatation qu'il considère comme un rudiment d'allantoïde. Toutefois les observations de M. Kupffer s'éloignent considérablement de celles de M. Vogt. L'urétère n'est pas, à ses yeux, l'organe primitif dont l'allantoïde ne serait qu'une dilatation vésiculeuse, mais cette allantoïde se forme pour son compte, comme une vésicule fermée de toutes parts, longtemps avant que la couche de cellules représentant l'intestin se soit différenciée. De cette allantoïde naît plus tard un cordon d'abord solide, placé au côté ventral de la chorde dorsale: c'est l'urétère ou pour mieux dire le conduit de Wolff. En second lieu, la vessie urinaire n'est pas un organe de formation postérieure, comme M. Vogt paraît le croire, mais elle est simplement le reste de l'allantoïde. Il est à remarquer que chez les poissons observés par M. Kupffer, le conduit de Wolff est d'abord impair: il se divise plus tard en deux branches aveugles. Ces branches fonctionnent

pendant la vie embryonnaire comme de véritables glandes urinaires, car la vessie renferme déjà des concrétions d'acide urique. Le parenchyme des glandes rénales ne commence à se développer qu'après l'éclosion.

M. Reichert a cru trouver chez les Cyprins un rein primordial précédant le rein définitif. Rien de semblable chez les poissons étudiés par M. Kupffer. Chez eux, il ne se forme qu'un seul rein qui, dans la pensée de l'auteur, ne représente pas, comme on l'a cru souvent, le rein primordial des autres vertébrés, mais bien le rein définitif. M. Kupffer cherche l'homologue du rein primordial, soit au point de vue fonctionnel, soit au point de vue morphologique dans le conduit de Wolff primaire. La glande fort simple et digitée, à l'extrémité antérieure du corps de Wolff chez les Batraciens, formerait l'intermédiaire entre le simple tube aveugle des poissons et la glande complexe des vertébrés plus élevés dans la série. Il est possible que dans la classe même des poissons il existe déjà des cas de complication embryonnaire du conduit de Wolff; il est même probable que les observations faites par M. Reichert chez les Cyprins doivent s'expliquer de cette manière.

Resterait à démontrer la réalité de l'homologie de la vésicule découverte par M. Kupffer avec l'allantoïde des vertébrés supérieurs. M. Kupffer fait bon marché de l'objection élevée par M. Reichert contre la prétendue allantoïde des poissons entrevue par M. Vogt, objection basée sur ce qu'une véritable allantoïde doit porter des vaisseaux ombilicaux. En effet, ces vaisseaux ombilicaux ne sont caractéristiques que de la partie extra-pelvienne de l'allantoïde et même seulement de sa couche externe, l'exochorion. Au contraire, l'allantoïde des poissons reste cachée dans la fosse pelvienne et correspond seulement au sac épithélial. Mais il subsiste une difficulté plus grande, résultant du mode de formation de l'organe. Chez les poulets, M. Remak décrit le premier rudiment de l'allantoïde comme un bourgeon solide qui ne devient creux que

par une invagination d'un diverticule du feuillet épithélial du cloaque, tandis que M. Kupffer représente la vésicule allantoïde comme naissant spontanément. Il est vrai que, soit M. Reichert, soit M. Bischoff, tout en représentant l'allantoïde comme étant d'abord solide chez le poulet et les mammifères, font apparaître la cavité dans son intérieur avant son union avec l'intestin. M. Reichert, en particulier, décrit le double rudiment de l'allantoïde comme apparaissant après la première formation de l'intestin, et comme entrant en communication dès cette époque avec les reins primordiaux par un mince cordon. Il est clair que si MM. Reichert et Bischoff devaient avoir raison contre M. Remak, l'homologie de l'allantoïde des poissons avec celle des vertébrés supérieurs ne souffrirait plus de difficulté. E. C.

Vitu Graber. Zur Entwickelungsgeschichte, etc. Observations pour servir a l'histoire du développement, etc. des Orthoptères. (*Sitzungsber. der Akad. d. Wissensch.* Wien, 1867.)

On reconnaît à première vue, dans ce travail, l'essai d'un débutant qui n'est pas encore entièrement familiarisé avec l'art d'observer; qui manque de coup d'œil et dont les observations sont incomplètes. Mais il est dû à un étudiant et à ce titre il mérite tous égards et indulgence. L'auteur étudie certains points des métamorphoses des Orthoptères; mais il ne paraît pas avoir connu les travaux de Yersin, qui a traité le même sujet avec un soin particulier. Il s'occupe d'abord des organes du vol. Dans les trois familles des Forficulides, des Blattides, des Mantides, ces organes apparaissent sous la forme de lobes horizontaux, formant le prolongement postérieur des angles du mésothorax et du métathorax. La dernière mue les degage entièrement, et ils apparaissent étendus horizontalement sur le dos de l'insecte. Chez les Orthoptères sauteurs, les premiers rudiments de ces organes forment des

prolongements latéraux à l'extrémité des mêmes pièces du thorax et sont placés verticalement, parce que dans ces familles les côtés de ces pièces sont rabattus à droite et à gauche du corps. Chez les Grilloniens où le corps est encore aplati, les rudiments des organes du vol sont étendus horizontalement sur le thorax, les élytres recouvrant les ailes. Chez les Locustaires et les Acridites les rudiments sont inclinés en forme de toit, circonstance qui tient simplement à la forme comprimée du corps. Mais le fait important qui semble avoir échappé à l'auteur et qui a été mis en lumière avec tant de clarté par Yersin, c'est que chez tous les Orthoptères sauteurs les ailes occupent, avant la dernière mue, une position inverse de la normale, à savoir qu'elles sont renversées en-dessus et recouvrent les élytres, en sorte qu'elles sont en contact par leur bord externe et non, comme le pense l'auteur, par leur bord interne. Ce caractère permettra toujours de distinguer une nymphe d'un insecte parfait à ailes rudimentaires, attendu que dans ces derniers la position des organes du vol est toujours la normale. L'auteur, du reste, en décrivant ces divers états, ne paraît pas en avoir suivi la transformation et n'en explique pas l'enchaînement. Au moment de la dernière mue, comme l'a si bien fait voir Yersin, la dépouille du corps se détachant de haut en bas entraîne l'aile dans ce mouvement et la renverse de manière à la placer dans sa position normale et de permettre à l'élytre de la recouvrir. L'auteur admet cinq mues successives chez les grillons, savoir : trois avant l'automne et deux après le printemps Fischer en admettait quatre, Gœbel six. Chez les Acridiens l'auteur admet quatre états successifs, savoir un de plus que n'en admettait Fischer. Yersin a suivi chez les grillons plus de douze mues; mais il est très-difficile de se fixer sur leur nombre réel, attendu que l'animal dévore sa dépouille aussitôt après l'avoir déposée, en sorte qu'il faudrait pour ainsi dire ne pas le quitter de l'œil pour les surprendre toutes.

On doit cependant à M. Graber un fait nouveau qui a un

véritable intérêt, à savoir que, chez les Acridiens imparfaitement ailés, qui ne possèdent à l'état d'imago que des rudiments d'élytres, les rudiments alaires existent bien réellement chez la nympe, mais qu'ils tombent au moment de la dernière mue.

M. Graber étudie ensuite la composition du sabre chez les Locustaires en en suivant le développement. Il le croit formé de six lames juxtaposées deux par deux.

L'auteur donne encore le résultat de quelques expériences sur la reproduction des organes mutilés. Aucun organe ne se reproduit après la dernière mue ; les antennes coupées sur les larves reparaissent presque intégralement au moment des mues ; le sabre ne renaît qu'incomplétement ; les tarses pas du tout ; les ailes, échancrées sur la larve, restent après la mue plus petites et sinuées.

En somme, malgré la légère critique que nous nous permettons ici, le travail de M. Graber offre, dans les détails, des faits intéressants et, quoique ses principales observations ne soient pas toutes nouvelles, l'auteur mérite d'être encouragé dans ses recherches ; car il est rare de voir un jeune homme entreprendre, avant même d'avoir quitté les bancs de l'école, des travaux originaux qui exigent toujours une grande patience dans l'observation. H. S.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE DÉCEMBRE 1867.

Le 1er, le vent du SO. a soufflé avec une grande violence de 11 ½ h. à midi ¼, et de même dans la nuit du 1 au 2. Le maximum de température + 12°,1 a eu lieu dans la nuit ; à 6 heures du matin le thermomètre marquait encore + 11°,8, il a baissé pendant toute la journée, à 2 h. après midi il ne marquait plus que + 3°,40 et — 1°,7 à 10 h. du soir.

3 et le 4, forte bise toute la journée.

6, neige le matin de bonne heure, et le soir ; hauteur de la neige tombée 74mm. Cette neige est restée sur le sol pendant 6 à 7 jours. Le soir de 6 h. à 7 h. couronne lunaire et faible halo lunaire.

7, forte bise toute la journée, couronne lunaire dans la soirée.

8 Id. Id,

9 Id.

11 et le 12, couronne lunaire dans la soirée, et le 12 le matin de bonne heure

14, halo solaire partiel de 11 h. ¾ à midi ¼.

16, couronne lunaire le matin de 6 h. à 7 h.

20, forte bise depuis midi.

21, forte bise tout le jour.

30 Id.

31 Id.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm
Le 4 à 10 h. matin.......	726,72
7 à 10 h. soir.........	721,44
10 à 10 h. matin.......	728,22
14 à 8 h. soir.........	733,78
24 à 10 h. matin.......	734,14
27 à 10 h. soir.........	732,35

MINIMUM.	mm
Le 2 à 7 h. matin.......	713,85
6 à 2 h. 1/4 après midi.	716,32
8 à 2 h. et 4 h. ap. midi.	719,65
11 à 6 h. matin.......	725,96
19 à 6 h. matin.......	716,37
26 à 8 h. soir.........	729,12
31 à 2 h. et 4 h. ap. midi.	719,69

GENÈVE. — DÉCEMBRE 1867.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation en millièmes. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation en millièmes. Minim.	Fract. de saturation en millièmes. Maxim.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim.					mm.				0		cm
1	725,79	— 0,97	+ 6,94	+4,62	— 4,3	+11,0	4,54	0,00	573	—283	380	790	0,3	1	SO. 2	0,98	...	.....	93
2	717,37	— 9,42	+ 3,63	+1,44	— 2,0	+12,1	4,38	—0,12	767	— 89	520	880	3,5	6	SSO. 3	0,89	7,8	— 0,3	93
3	719,39	— 7,43	— 2,75	—4,81	— 4,9	— 1,0	2,91	—1,55	785	— 72	630	920	...	..	NNE. 2	0,48	7,1	— 0,9	92
4	725,63	— 1,22	— 1,69	—3,63	— 3,5	— 0,4	3,25	—1,17	804	— 53	720	920	...	..	NNE. 3	0,80	6,3	— 1,6	98
5	725,47	— 1,41	— 2,90	—4,72	— 5,8	— 0,3	3,14	—1,25	867	+ 10	760	930	...	..	SSO. 1	0,83	5,5	— 2,2	92
6	717,42	— 9,48	— 2,81	—4,51	— 6,2	+ 0,5	3,36	—1,00	900	+ 42	720	1000	1,1	3	SSO. 1	0,89	6,8	— 0,8	90
7	719,09	— 7,83	— 1,89	—3,47	— 2,7	— 0,8	3,29	—1,04	835	— 23	760	950	1,6	5	NNE. 2	0,77	6,3	— 1,2	90
8	720,15	— 6,80	— 1,98	—3,44	— 3,7	— 0,5	3,48	—0,82	874	+ 16	770	950	...	..	NNE. 2	0,88	...	.....	90
9	722,02	— 4,96	— 2,74	—4,09	— 4,2	— 1,4	2,99	—1,28	805	— 54	760	830	...	..	NNE. 2	0,90	5,5	— 1,8	90
10	727,26	+ 0,26	— 3,49	—4,72	— 4,8	— 2,4	2,86	—1,38	831	— 28	760	910	...	..	NE. 1	0,90	5,5	— 1,7	89
11	727,05	+ 0,02	— 2,29	—3,42	— 5,8	— 0,1	3,27	—0,94	841	— 19	730	910	...	..	SO. 1	0,97	5,8	— 1,3	89
12	730,89	+ 3,84	— 0,13	—1,15	— 4,1	+ 2,9	4,00	—0,19	866	+ 6	610	1000	0,4	2	variable	0,77	5,9	— 1,1	88
13	730,80	+ 3,72	+ 1,77	+0,85	— 1,9	+ 5,1	4,41	+0,24	840	— 21	680	940	...	..	SSO. 1	0,81	6,5	— 0,4	84
14	733,18	+ 6,07	+ 2,41	+1,58	— 0,9	+ 7,1	4,18	+0,03	769	— 92	620	940	...	..	variable	0,76	6,5	— 0,4	83
15	729,12	+ 1,99	+ 4,92	+4,18	+ 1,6	+ 9,6	5,73	+1,60	876	+ 14	720	940	7,9	12	SSO. 1	1,00	...	.....	83
16	728,34	+ 1,18	+ 6,88	+6,23	+ 4,2	+10,9	6,23	+2,12	834	— 28	720	940	...	..	SSO. 1	0,69	6,7	0,0	84
17	725,78	— 1,40	+ 5,26	+4,70	0,0	+13,8	5,85	+1,76	886	+ 23	630	990	...	..	variable	0,02	6,9	+ 0,3	85
18	719,14	— 8,07	+ 5,06	+4,59	— 1,6	+11,0	5,31	+1,24	791	— 72	540	980	3,0	4	SSO. 2	0,74	6,8	+ 0,3	86
19	717,39	— 9,85	+ 1,79	+1,40	+ 0,5	+ 4,7	4,17	+0,11	810	— 54	560	960	...	..	N. 1	0,94	6,6	+ 0,2	87
20	721,63	— 5,63	— 0,31	—0,62	— 3,0	+ 2,2	3,59	—0,46	798	— 66	620	970	...	..	N. 2	0,43	5,9	— 0,4	87
21	726,36	— 0,92	— 0,78	—1,02	— 3,1	+ 1,5	3,19	—0,85	752	—113	610	790	...	..	NNE. 3	0,36	5,5	— 0,8	87
22	729,46	+ 2,16	— 1,72	—1,88	— 4,0	+ 0,1	3,31	—0,72	821	— 44	730	910	0,4	3	SSO. 1	0,93	...	.....	87
23	731,94	+ 4,62	+ 0,89	+0,80	— 3,0	+ 6,4	4,33	+0,31	889	+ 23	790	1000	...	..	variable	0,17	5,8	— 0,3	87
24	733,38	+ 6,04	+ 0,10	+0,07	— 2,6	+ 3,0	3,97	—0,04	862	— 4	700	1000	...	..	N. 1	0,40	5,5	— 0,5	87
25	733,27	+ 5,91	— 1,85	—1,83	— 3,0	— 0,5	3,58	—0,42	912	+ 46	830	960	...	..	NNE. 1	0,99	...	.....	88
26	730,47	+ 3,09	— 2,33	—2,25	— 3,5	— 1,6	3,68	—0,32	962	+ 95	930	970	...	..	variable	1,00	5,8	— 0,1	88
27	731,24	+ 3,84	— 2,59	—2,46	— 3,7	— 1,2	3,29	—0,70	879	+ 12	810	940	0,5	3	NNE. 1	1,00	5,8	0,0	87
28	731,29	+ 3,87	— 3,07	—2,88	— 3,8	— 2,0	3,23	—0,76	904	+ 37	840	960	...	..	E. 1	1,00	5,2	— 0,6	86
29	726,66	— 0,78	— 4,45	—4,21	— 5,7	— 2,8	3,17	—0,82	980	+112	910	1000	...	..	SSO. 1	1,00	...	.....	85
30	722,00	— 5,45	— 1,49	—1,21	— 5,0	+ 1,6	3,32	—0,66	809	— 59	710	900	...	..	NNE. 3	0,54	5,1	— 0,5	84
31	720,18	— 7,28	— 6,95	—6,63	— 8,2	— 4,9	2,00	—1,98	763	—105	660	840	...	..	NNE. 3	0,96	2,4	— 3,2	84

MOYENNES DU MOIS DE DÉCEMBRE 1867.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	721,61	721,92	722,47	722,02	721,73	721,92	722,23	722,28	722,07
2 «	726,41	726,54	726,91	726,38	725,94	726,02	726,31	726,68	726,69
3 «	728,85	729,10	729,46	728,85	728,31	728,41	728,45	728,55	728,70
Mois	725,73	725,96	726,38	725,85	725,42	725,54	725,76	725,92	725,91
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	— 0,91	— 1,11	— 0,64	+ 0,20	+ 0,11	— 0,50	— 1,00	— 1,28	— 1,64
2e «	+ 0,35	+ 1,04	+ 3,25	+ 5,45	+ 4,50	+ 3,74	+ 2,89	+ 2,71	+ 2,27
3e «	— 2,63	— 2,31	— 1,90	— 1,06	— 0,99	— 1,38	— 2,14	— 2,95	— 3,26
Mois	— 1,11	— 0,84	+ 0,17	+ 1,44	+ 1,14	+ 0,55	— 0,15	— 0,58	— 0,95
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	3,46	3,49	3,20	3,34	3,37	3,53	3,59	3,55	3,51
2e «	4,35	4,50	4,84	4,83	5,01	4,90	4,76	4,58	4,55
3e «	3,37	3,37	3,43	3,42	3,45	3,51	3,43	3,33	3,29
Mois	3,72	3,77	3,81	3,85	3,93	3,97	3,91	3,80	3,77
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	816	814	739	730	737	796	826	837	845
2e «	905	892	814	705	782	799	828	815	842
3e «	885	868	855	797	799	831	864	899	903
Mois	869	858	804	746	774	809	840	852	865

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	— 4,21	+ 1,68	0,83	6,35	6,5	91,7
2e «	— 1,10	+ 6,72	0,71	6,40	11,3	85,6
3e «	— 4,15	— 0,04	0,76	5,14	0,9	86,4
Mois	— 3,18	+ 2,70	0,77	5,98	18,7	87,8

Dans ce mois, l'air a été calme 1 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,84 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 18°1, E., et son intensité est égale à 37,3 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE DÉCEMBRE 1867.

Le 2, brouillard le matin et le soir. La neige tombée a été enlevée par le vent.
3, id. à peu près toute la journée.
5, id. depuis 4 h. du soir.
6, id. depuis 10 h. du matin. La neige tombée a été enlevée par le vent.
7, id. tout le jour.
8, id. le matin.
9, id. dans la journée.
11, id. tout le jour.
12, id. à peu près toute la journée.
13, id. tout le jour.
14, 15, 16, brouillard tout le jour.
18, brouillard de 10 h. du matin à 6 h. du soir.
19, id. tout le jour.
21, id. jusqu'à midi.
22, id. depuis 2 h. du soir.
23, id. jusqu'à 10 h. du matin.
30, id. tout le jour.

Variations extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 4 à 10 h. matin.......	556,16	Le 3 à 6 h. matin.......	547,08
7 à 10 h. soir.........	551,48	6 à 10 h. soir.........	547,73
12 à 10 h. soir.........	563,53	8 à 2 h. après-midi...	550,28
14 à 10 h. soir.........	564,89	13 à 4 h. après midi...	559,04
17 à 10 h, matin.......	564,12	15 à 10 h. soir.........	559,95
24 à 10 h. matin.......	567,39	19 à 6 h. matin.......	550,06
27 à 10 h. soir.........	564,42	26 à 8 h. soir.........	561,73
		31 à midi..............	548,87

SAINT-BERNARD. — DÉCEMBRE 1867.

Jours du mois.	Baromètre.				Température C.				Pluie ou neige.			Vent dominant.		Clarté moy. du Ciel.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum.	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum*	Maximum*	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.			
	millim.	millim.	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim.				
1	563,39	+ 1,73	561,19	565,43	— 6,02	+ 1,01	— 8,2	— 5,0	70	4,2	6	SO.	1	0,94
2	551,91	— 9,71	549,77	555,31	— 6,59	+ 0,54	—13,5	— 3,7	.....	....	......	NE.	1	0,97
3	549,48	—12,11	547,08	552,91	—19,39	—12,17	—20,4	—18,5	.....	.....	......	NE.	3	0,90
4	555,47	— 6,08	555,06	556,16	—12,43	— 5,12	—16,0	—10,0	.....	.....	......	NE.	2	0,26
5	554,72	— 6,79	553,49	556,15	—11,05	— 3,65	—12,7	— 8,9	.....	.....	......	NE.	2	0,62
6	548,87	—12,61	547,73	550,56	—15,44	— 7,95	—16,6	—14,0	.....	.....	......	NE.	2	0,89
7	549,74	—11,71	547,97	551,48	—16,72	— 9,14	—17,9	—15,4	.....	.....	......	NE.	3	1,00
8	550,55	—10,87	550,28	551,05	—18,09	—10,42	—20,0	—15,0	.....	.....	......	NE.	1	0,59
9	554,69	— 6,70	551,77	557,23	—13,97	— 6,22	—15,2	—12,0	.....	.....	......	SO.	1	0,63
10	557,19	— 4,17	556,84	558,24	—13,21	— 5,38	—15,0	—11,5	.....	.....	......	NE.	2	0,08
11	558,67	— 2,66	556,61	560,67	— 9,76	— 1,85	—11,3	— 8,8	.....	.....	......	NE.	3	0,99
12	562,92	+ 1,62	562,25	563,53	— 7,73	+ 0,26	— 8,9	— 6,7	.....	.....	......	NE.	3	0,67
13	560,08	— 1,19	559,04	561,73	—11,12	— 3,06	—13,6	— 9,0	.....	.....	......	NE.	3	1,00
14	563,31	+ 2,07	561,75	564,89	—11,10	— 2,97	—13,8	— 6,7	.....	.....	......	NE.	2	0,92
15	561,23	+ 0,01	559,95	563,34	— 4,42	+ 3,78	— 6,2	— 3,2	.....	.....	......	NE.	3	1,00
16	562,29	+ 1,10	561,27	563,16	— 4,63	+ 3,64	— 5,8	— 3,6	.....	.....	......	NE.	2	1,00
17	563,21	+ 2,05	562,33	564,12	— 5,02	+ 3,32	— 6,7	— 3,7	.....	.....	......	NE.	1	0,11
18	556,44	— 4,69	552,67	559,14	— 7,17	+ 1,24	— 7,7	— 6,7	.....	.....	......	SO.	1	0,78
19	550,83	—10,28	550,06	551,79	—12,12	— 3,65	—13,9	—10,4	.....	.....	......	NE.	3	1,00
20	552,21	— 8,87	551,77	553,29	—15,48	— 6,95	—16,0	—14,7	.....	.....	......	NE.	2	0,91
21	556,22	— 4,83	554,25	558,26	—16,16	— 7,57	—16,8	—15,0	.....	.....	......	NE.	2	0,54
22	561,13	+ 0,10	560,39	562,67	— 7,98	+ 0,67	—11,4	— 5,3	.....	.....	......	NE.	3	0,98
23	564,85	+ 3,85	562,92	565,84	— 6,15	+ 2,55	— 8,5	— 4,0	.....	.....	......	NE.	1	0,42
24	566,24	+ 5,26	564,94	567,39	— 3,80	+ 4,95	— 5,8	— 2,7	.....	.....	......	NE.	1	0,00
25	566,13	+ 5,17	565,90	566,60	— 4,55	+ 4,25	— 6,0	— 2,1	.....	.....	......	NE.	1	0,00
26	562,71	+ 1,77	561,73	564,44	— 7,19	+ 1,66	— 9,0	— 3,6	.....	.....	......	NE.	1	0,48
27	563,57	+ 2,65	562,51	564,42	— 7,84	+ 1,06	— 9,7	— 6,2	.....	.....	......	NE.	1	0,00
28	562,83	+ 1,93	562,23	563,54	— 8,32	+ 0,63	— 9,3	— 6,5	.....	.....	......	NE.	1	0,00
29	559,23	— 1,65	557,68	560,75	— 7,76	+ 1,23	— 9,0	— 7,1	.....	.....	......	NE.	2	0,47
30	552,29	— 8,56	550,57	554,73	—14,70	— 5,67	—18,7	—11,5	50	3,9	5	NE.	1	1,00
31	549,09	—11,74	548,87	549,58	—17,74	— 8,67	—19,9	—15,8	.....	.....	......	NE.	1	0,21

* Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 heures du matin à 10 heures du soir, le thermométrographe étant hors de service.

MOYENNES DU MOIS DE DÉCEMBRE 1867.

Baromètre.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	553,67	553,91	553,86	553,48	553,31	553,50	553,73	553,79	553,72
2e «	559,12	559,46	559,32	559,05	558,80	558,99	559,25	559,40	559,24
3e «	560,38	560,66	560,84	560,56	560,19	560,26	560,21	560,45	560,54
Mois	557,81	558,09	558,10	557,79	557,52	557,67	557,81	557,96	557,92

Température.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
	o	o	o	o	o	o	o	o	o
1re décade	—13,51	—13,33	—12,89	—12,12	—11,98	—13,26	—13,47	—14,32	—14,06
2e «	— 9,08	— 8,99	— 8,66	— 8,30	— 8,21	— 8,92	— 9,17	— 8,88	— 8,81
3e «	— 9,45	— 9,98	— 9,68	— 8,48	— 8,23	— 9,17	— 9,27	— 9,15	— 9,52
Mois	—10,64	—10,74	—10,39	— 9,60	— 9,43	—10,41	—10,59	—10,73	—10,75

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	o	o		mm	mm
1re décade	—15,55	—11,40	0,69	4,2	70
2e «	—10,39	— 7,35	0,84	0,0	—
3e «	—11,28	— 7,25	0,37	3,9	50
Mois	—12,37	— 8,62	0,62	8,1	120

Dans ce mois, l'air a été calme 5 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 14,89 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 139,4 sur 100.

* Voir la note du tableau.

RECHERCHES

SUR LA

RÉDUCTION DU NIOBIUM ET DU TANTALE

PAR

M. C. MARIGNAC

Les recherches auxquelles je me suis livré depuis quelques années sur les combinaisons du niobium, m'ont conduit à attribuer à l'acide niobique une composition très-différente de celle qu'on lui assignait jadis.

Bien que ce résultat me paraisse établi par des preuves irréfutables, quoique indirectes, et qu'il ait gagné l'adhésion de la plupart des chimistes, on peut cependant objecter qu'il ne repose pas encore sur une démonstration directe. Il faut, en effet, si ma conclusion est fondée, que le niobium absorbe 42,5 pour cent d'oxygène, lorsqu'il se convertit par le grillage en acide niobique. Or, d'après les essais de H. Rose[1], l'augmentation de poids ne serait que de 20,61 à 22,16.

Il est vrai que ce savant, ayant employé pour la préparation du niobium des composés de ce corps, dans lesquels il ne soupçonnait point la présence de l'oxygène, mais qui en renfermaient réellement (oxychlorures et oxyfluorures), on peut seulement conclure de là qu'il n'avait point obtenu le niobium libre, mais bien un protoxyde de niobium, Nb O, qui doit en effet absorber 21,82

[1] *Poggendorffs Annalen*, tome CIV, page 310.

pour cent d'oxygène pour se convertir en acide niobique Nb^2O^5. Le véritable niobium nous est donc complétement inconnu.

Il y avait donc quelque intérêt à reprendre ces essais de réduction sur un composé non oxygéné de niobium. J'ai choisi pour cela le fluoniobate de potasse qui s'obtient facilement en faisant dissoudre le fluoxyniobate ordinaire dans de l'acide fluorhydrique et évaporant le produit à siccité.

La réduction de ce sel par le sodium est accompagnée d'une réaction très-vive, et il est difficile d'empêcher qu'une partie considérable des matières ne soit projetée hors du creuset. On évite facilement cet inconvénient en fondant préalablement le fluoniobate avec un poids égal de fluorhydrate de fluorure de potassium. La matière refroidie est pulvérisée et mêlée avec du sodium coupé en petits fragments, ou stratifiée dans le creuset avec le sodium réduit en feuilles minces. Une partie de ce métal suffit pour deux de fluoniobate. Le tout est recouvert d'une couche de chlorure de sodium.

La réduction ne peut se faire dans des creusets en terre; ils sont fortement attaqués et une scorie siliceuse, dure et insoluble, reste mêlée avec la matière réduite et ne peut en être séparée. Les creusets en coke de cornue ne m'ont pas mieux réussi. Bien que la matière ne puisse exercer aucune action chimique sur le charbon, celui-ci est désagrégé et se mêle à l'état pulvérulent avec le métal réduit, sans qu'il soit possible de les séparer. L'emploi d'un creuset en fer forgé m'a donné les meilleurs résultats; il n'est pas du tout attaqué et, si sa surface intérieure est bien polie, la masse fondue et refroidie ne contracte aucune adhérence avec les parois et s'en détache

en une seule fois par un coup de marteau un peu fort donné à l'extérieur.

La réduction se manifeste par une déflagration intérieure ; lorsqu'elle a cessé, on continue de chauffer jusqu'à ce que la flamme caractéristique du sodium cesse de se dégager. Il m'a paru inutile de pousser la calcination jusqu'à la limite la plus élevée que pourrait supporter un creuset de fer ; en effet, dans un essai effectué dans un creuset de graphite, à la plus haute température que j'aie pu atteindre dans un fourneau à vent, le niobium réduit avait conservé l'état pulvérulent, comme dans les essais à de plus basses températures.

La matière extraite du creuset est formée d'une scorie blanche à sa partie supérieure, dans laquelle le métal réduit est disséminé comme une poudre noire extrêmement ténue, concentrée surtout dans le centre du culot. On la concasse et on la traite par l'eau froide ou chaude. Avec l'eau bouillante la dissolution de la scorie est beaucoup plus rapide et accompagnée d'un dégagement très-faible mais constant d'hydrogène ; avec l'eau froide les matières solubles ne sont enlevées qu'après plusieurs jours de lavage, et en broyant fréquemment le mélange, il n'y a pas alors de dégagement visible d'hydrogène. Cependant, je n'ai pas pu constater de différence dans la nature du produit obtenu [1]. Le dégagement d'hydrogène tient sans doute à la présence d'une certaine quantité de sodium alliée au niobium ; il est probable que, quand on fait les lavages à l'eau froide, ce sodium est oxydé par l'oxygène de l'air dissous dans l'eau, vu la durée de cette opération.

[1] J'avais d'abord pensé que le produit lavé à l'eau froide retiendrait du sodium, mais je n'en ai point trouvé.

Dans le commencement de ces lavages, on peut facilement opérer par décantation. Mais, lorsqu'ils approchent de leur terme, le résidu insoluble ne se dépose plus qu'avec une extrême lenteur, ou même plus du tout. La séparation par filtration ne réussit guère mieux, la poudre est si ténue qu'elle passe au travers du filtre ou l'empâte de manière à arrêter complétement la filtration. Au reste, il serait inutile de vouloir pousser très-loin ce traitement par l'eau seule, car il ne suffirait point pour donner un produit pur. Le métal réduit est, en effet, mélangé d'une quantité notable d'acide niobique ou d'un niobate acide insoluble.

Malheureusement, je n'ai pu trouver aucun moyen de l'en débarasser complétement. Le seul acide, en effet, qui dissolve bien ce produit accessoire est l'acide fluorhydrique, mais il agit aussi très-fortement sur le niobium lui-même. C'est cependant le seul moyen de purification qui m'ait donné des résultats à peu près satisfaisants.

Il faut donc, lorsque les lavages à l'eau ont été poussés jusqu'au point où la matière pulvérulente ne se dépose plus, faire bouillir avec de l'eau à laquelle on ajoute de l'acide fluorhydrique, jusqu'à ce que le dégagement d'hydrogène devienne très-sensible. On peut, après cela, très-bien séparer par filtration la partie insoluble. En répétant plusieurs fois cette opération, on obtient un produit de plus en plus pur, mais en en sacrifiant une grande partie.

Le résultat de ce traitement est une poudre, d'un noir foncé si la réduction a eu lieu à une température peu élevée, d'un noir grisâtre quand la chaleur a été très-forte. Sa densité, dans diverses préparations, a varié de 6 à 6,6. L'acide chlorhydrique, l'acide azotique et l'acide sulfurique étendu sont sans action sur elle, même à l'é-

bullition. L'acide sulfurique concentré et bouillant et le bisulfate de potasse en fusion l'attaquent assez facilement et la dissolvent. L'acide fluorhydrique concentré et froid, et l'acide étendu mais bouillant la dissolvent aussi très-bien, avec un abondant dégagement d'hydrogène et en se colorant en brun. Elle s'attaque aussi par l'ébullition avec une dissolution de potasse caustique.

Chauffé au contact de l'air, ce corps entre en ignition bien au-dessous de la chaleur rouge, et se convertit rapidement en acide niobique. Son oxydabilité varie beaucoup suivant la température à laquelle la réduction a été opérée. J'ai perdu une fois le produit d'une préparation faite à une température aussi basse que possible, pour avoir essayé de le dessécher dans une étuve dont la température n'a certainement pas dépassé cent degrés: il s'y est converti entièrement en acide niobique, tandis que dans plusieurs autres préparations ce mode de dessication n'avait eu aucun inconvénient.

Il est curieux que toutes les propriétés que je viens de signaler dans ce produit coïncident exactement avec celles que H. Rose a constatées dans le corps obtenu dans ses expériences. Il y a cependant entre eux une bien grande différence chimique; car, tandis que le corps obtenu par H. Rose ne subissait par le grillage qu'une augmentation de 21 à 22 pour cent environ, celui que j'ai préparé en présente une qui varie de 35 à 38 pour cent.

Cependant, ce résultat comparé à celui que devrait donner le niobium pur (42,5 pour cent), prouve qu'il m'a été impossible de le purifier entièrement des composés oxygénés qui l'accompagnent.

Mais il y a plus. Abstraction faite de ce mélange qu'on ne parvient pas à éviter complétement, le produit ainsi

obtenu n'est point le niobium lui-même, mais un niobure d'hydrogène. En effet, la présence de l'hydrogène s'y manifeste par une petite flamme bleue qui court sur sa surface au moment où il entre en ignition, et par la production d'eau lorsqu'on le brûle par un courant d'air ou d'oxygène sec dans un tube de verre. Le dosage de cette eau permet de déterminer exactement la proportion d'hydrogène. J'ai répété plusieurs fois cette détermination, et j'ai trouvé la proportion d'hydrogène comprise entre 0,9 et 1,05 pour cent; une seule fois elle a dépassé ce terme et atteint 1,26 pour cent. Le peu de variation que présente cet élément semble indiquer que ce produit est un composé défini NbH qui devrait renfermer 1,06 pour cent d'hydrogène, et qui devrait augmenter de 41 pour cent de son poids en se convertissant en acide niobique.

Ce niobure d'hydrogène chauffé dans un courant d'hydrogène à une chaleur rouge-sombre n'éprouve aucun changement dans son poids ni dans ses propriétés. En est-il de même au rouge-blanc ? C'est ce que l'expérience suivante semble indiquer, bien qu'elle présente une légère cause d'incertitude.

Dans une nacelle de platine, disposée dans un tube de porcelaine traversant un fourneau à reverbère muni d'un dôme et d'une cheminée de tirage, j'ai calciné pendant plus d'une heure, dans un courant d'hydrogène, à la plus haute température qui ait pu être atteinte, trois grammes d'un produit présentant une densité de 6,15, et dont un essai préalable avait montré qu'il renfermait 1,26 pour cent d'hydrogène, et qu'il présentait une augmentation de poids de 38,18 pour cent en se convertissant en acide niobique.

Après le refroidissement on a trouvé que la matière

s'était sensiblement affaissée, sans présenter cependant aucune trace d'agglomération. Sa couleur était d'un noir un peu plus grisâtre qu'avant la calcination, sa densité s'était élevée à 7,37.

Au lieu d'une diminution de poids, il y avait eu une augmentation de 0,011, soit 0,37 pour cent. Une portion de ce produit, soumise au grillage dans un tube de verre, a présenté une augmentation de poids de 37,8 pour cent, et a produit une quantité d'eau correspondant à 0,90 pour cent d'hydrogène.

Il résulte évidemment de là que si le niobure d'hydrogène est décomposé au rouge-blanc, il ne l'est du moins que très-difficilement et partiellement. Mais si l'on remarque que cette décomposition a été accompagnée d'une faible augmentation de poids qui ne peut résulter que d'une oxydation, et qui prouve que je n'avais pas réussi à éliminer complétement l'air du courant de gaz hydrogène, il semblera peut-être probable que l'élimination d'une partie de l'hydrogène a été due à la même cause et que le niobure n'aurait éprouvé aucune altération dans du gaz hydrogène parfaitement pur.

On voit que si tous ces essais établissent d'une manière certaine que la composition de l'acide niobique est bien différente de celle qu'on lui attribuait autrefois, et correspond au moins approximativement avec celle que lui assignent des méthodes indirectes, elles ne nous donnent aucune notion sur les véritables propriétés du niobium à l'état de liberté. Il faudrait pouvoir opérer la réduction du fluoniobate de potasse par le sodium à une température excessivement élevée, afin que le produit obtenu ne retînt plus de sodium ; on ne peut, en effet, attribuer qu'à la présence de ce dernier métal la formation d'un hydrure

lorsqu'on traite par l'eau la matière réduite. L'emploi de creusets en fer ne permet pas d'atteindre des températures assez élevées pour cela.

La réduction du fluoniobate de potasse par le sodium ne m'ayant pas donné un résultat tout à fait satisfaisant, j'ai essayé de remplacer ce métal par le magnésium. Mais je ne cite cet essai, qui a complétement manqué, que pour signaler aux chimistes le danger qu'il peut présenter. Je n'opérais heureusement que sur un gramme de fluoniobate, mélangé avec 0,5 de magnésium en fragments d'un fil très-fin. Au moment où le mélange, chauffé dans un petit creuset d'acier (un dé à coudre), a atteint la chaleur rouge, il s'est produit une détonation semblable à un coup de pistolet, et toute la matière s'est dissipée en fumée.

La réduction par l'aluminium a lieu, au contraire, avec une grande facilité; j'ai employé 1 $^1/_2$ partie d'aluminium en limaille pour une partie de fluoniobate. On peut se servir d'un creuset en charbon de cornue ou simplement d'un creuset brasqué. Seulement, comme il faut éviter d'introduire le mélange dans une brasque humide, et pour que la cavité creusée dans celle-ci se conserve après la dessication, il convient de préparer le creuset avec de la poudre de charbon humectée avec une dissolution concentrée de sucre; on y creuse la cavité nécessaire, puis on chauffe le creuset au rouge, ce qui donne à la masse de charbon une assez grande cohésion.

La réduction a été opérée dans un fourneau à vent, à la température des essais de fer. On ne retrouve, après le refroidissement du creuset, qu'un culot métallique, la scorie s'étant entièrement infiltrée dans le charbon. Traité par l'acide chlorhydrique jusqu'à ce qu'il ne dégage plus d'hydrogène à froid, même dans un acide assez concentré,

le culot laisse dissoudre tout aluminium libre et donne pour résidu une poudre cristalline, grise, à éclat métallique assez vif, qui est un alliage défini d'aluminium et de niobium.

Sa couleur est d'un gris de fer ou de platine; il se pulvérise facilement, et donne une poudre d'un noir grisâtre. Sa forme cristalline n'a pu être déterminée. Sa densité est de 4,45 à 4,52.

Lorsqu'on le lave par lévigation, les parties les plus ténues restent quelque temps en suspension; si on les recueille sur un filtre, on obtient une poussière grise très-fine qui brûle avec de brillantes étincelles, quand on la projette dans une flamme. Mais la poudre cristalline plus grossière n'offre aucun phénomène d'ignition, lorsqu'on la chauffe sur une lame de platine. Elle s'oxyde cependant à la longue, mais après un grillage prolongé pendant plus d'une heure l'oxydation est encore tout à fait superficielle et l'augmentation de poids très-faible.

L'acide chlorhydrique attaque cet alliage à l'aide de l'ébullition, avec dégagement d'hydrogène; la liqueur se colore d'abord en brun, puis en brun verdâtre et en bleu sombre, puis elle se trouble et forme un abondant précipité bleu grisâtre, qui blanchit bientôt au contact de l'air. Mais on arrive difficilement à faire disparaître les dernières traces de métal. La composition de l'alliage attaqué ne paraît pas changer sensiblement par une ébullition prolongée avec l'acide.

L'acide azotique et l'acide sulfurique étendu sont sans action.

L'acide sulfurique concentré l'attaque fortement à la température de son ébullition, avec dégagement d'acide sulfureux et même de vapeur de soufre. Cependant,

il est difficile d'arriver ainsi à une dissolution complète.

L'acide fluorhydrique, même étendu, attaque et dissout facilement cet alliage en se colorant en brun.

Je l'ai analysé en le fondant avec du bisulfate de potasse; il faut employer un assez grand excès de ce sel et maintenir la fusion assez longtemps pour arriver à une dissolution complète. On sépare ensuite l'acide niobique par une ébullition prolongée avec de l'eau, puis, après avoir presque neutralisé la liqueur par l'ammoniaque, on précipite l'alumine par le sulfhydrate d'ammoniaque. Vu la grande quantité de potasse contenue dans la dissolution, il convient de redissoudre l'alumine par l'acide chlorhydrique et de la précipiter une seconde fois.

L'aluminium renfermant toujours un peu de silicium, j'ai dû rechercher l'acide silicique dans l'acide niobique en le fondant avec du fluorure de potassium, décomposant par l'acide sulfurique et dosant une seconde fois l'acide niobique. La diminution de poids, très-faible d'ailleurs, qu'il subit par ce traitement indique la proportion d'acide silicique.

J'ai fait ainsi plusieurs analyses sur des produits provenant de préparations différentes, ou qui avaient été traités plus ou moins longtemps par l'acide chlorhydrique. Tous m'ont donné de 53 à 56 de niobium et 44 à 47 pour cent d'aluminium, ce qui prouve que cet alliage a une composition assez constante, correspondant sensiblement à la formule $NbAl^3$:

Nb	94	53,34
3 Al	82,2	46,66
	176,2	100

Je ne rapporterai en détail que deux analyses faites

avec le plus de soin, dans le but d'en conclure l'augmentation de poids du niobium par l'oxydation.

0,549 ont donné	Acide niobique 0,413	= Niobium	0,2897	ou	52,77 %
	Acide silicique 0,007	= Silicium	0,0032	ou	0,59
	Alumine . . . 0,481	= Aluminium	0,2564	ou	46,70
					100,06 %

0,726 ont donné	Acide niobique 0,553	= Niobium	0,3879	ou	53,43 %
	Acide silicique 0,008	= Silicium	0,0037	ou	0,51
	Alumine . . . 0,624	= Aluminium	0.3326	ou	45,81
					99,75 %

Si, dans chacune de ces analyses, on retranche de l'alliage le poids de l'aluminium et celui du silicium, on voit que :

0,2894	de niobium	ont produit	0,413	d'acide	niobique	ou 142,7 %
0,3897	»	»	0,553	»	»	ou 141,9

ce qui s'accorde autant qu'on peut le demander avec le calcul qui exigerait 142,5.

Le zinc seul n'exerce aucune action réductrice sur le fluoniobate de potasse, du moins jusqu'à la température où le zinc est complétement chassé par volatilisation.

J'ai essayé la réduction par un mélange de zinc et de sodium, dans l'espoir d'arriver à des résultats analogues à ceux qu'ont obtenus MM. Sainte-Claire Deville et Troost pour le zirconium, mais il n'en a rien été. Le niobium réduit est resté disséminé dans la scorie. Le culot de zinc dissous par l'acide chlorhydrique n'a donné qu'un très-faible résidu floconneux, brunâtre, contenant sans doute du niobium, mais fort impur.

Le fer détermine une réduction, mais fort incomplète. En calcinant au rouge un mélange intime de limaille de

fer et de fluoniobate de potasse, et traitant ensuite le produit par l'acide chlorhydrique, il reste un abondant résidu amorphe, noir, fort peu attaquable par cet acide, mais il est essentiellement formé de fer dont la surface seulement est recouverte de niobium. En opérant au rouge blanc, dans un fourneau à vent, au creuset brasqué, j'ai obtenu un culot semblable à de la fonte, mais beaucoup plus malléable. Traité par l'acide chlorhydrique concentré, il a laissé environ 2.5 p. 100 d'un résidu floconneux, d'un brun grisâtre. Chauffé au rouge au contact de l'air, ce résidu est entré en ignition et a pris une couleur grise, en ne présentant qu'une très-faible augmentation de poids. C'était un mélange de niobium, de silicium et de charbon.

Enfin j'ai essayé de faire passer le courant de la pile entre deux gros fils de platine plongés dans un bain de fluoniobate de potasse fondu dans un excès de fluorure de potassium à une chaleur rouge. En traitant par l'eau la masse refroidie, je n'ai obtenu qu'un résidu assez considérable de platine pulvérulent, provenant de la corrosion du pôle positif; il s'est complétement dissous dans l'eau régale, et ne renfermait par conséquent point de niobium réduit.

La réduction du fluotantalate de potasse par le sodium a été exécutée, soit par Berzélius, soit par H. Rose. Les détails donnés par ces savants montrent qu'elle se passe exactement comme celle du fluoniobate, et que le produit obtenu reste toujours mélangé d'une certaine proportion d'un oxyde du tantale. Il est également fort probable que le produit de cette préparation renferme aussi de l'hydrogène. J'ai jugé inutile de répéter ces expériences.

Mais j'ai essayé la réduction du fluotantalate de po-

tasse par l'aluminium. Elle a lieu exactement comme celle du fluoniobate. Le culot, traité par l'acide chlorhydrique, laisse un alliage, en poudre cristalline, de tantale et d'aluminium. Il présente une couleur d'un gris de fer, un éclat métallique, une densité de 7,02 ; sa poussière est presque noire.

Bouilli avec de l'acide chlorhydrique concentré, il ne détermine qu'un dégagement d'hydrogène à peine appréciable. Cependant il prend par là une couleur plus sombre, ce qui indique une dissolution superficielle de l'aluminium. L'acide azotique, l'eau régale, l'acide sulfurique étendu, sont sans action sur lui. Il s'attaque par l'acide sulfurique concentré à l'ébullition, par le bisulfate de potasse en fusion, et surtout par l'acide fluorhydrique même à froid.

Chauffé au rouge au contact de l'air, il prend un aspect bronzé et irisé, mais augmente à peine de poids. Son analyse m'a donné :

pour $0^{gr},600$	Acide tantalique	0,516	=	Tantale	0,4230	=	70,50	°/o
	Acide silicique.	0,024	=	Silicium	0,0112	=	1,87	
	Alumine. . . .	0,307	=	Aluminium	0,1636	=	27,27	
							99,64	°/o

Résultats qui s'éloignent peu de la formule $Ta\,Al^3$. On a en effet :

		Calculé.	Trouvé.
Ta	182	68,89	70,50
3 Al	82,2	31,11	27,27
	264,2	100	

L'excès du tantale sur l'aluminium tient probablement à ce que cette analyse a été faite sur un produit qui avait subi une ébullition assez prolongée avec l'acide chlorhydrique.

Bien qu'il résulte de l'ensemble de ces recherches que nous ne savons rien de précis sur les propriétés qu'offriraient le niobium et le tantale, si l'on parvenait à les obtenir à l'état de pureté, il me semble que l'on peut y voir la preuve de la grande analogie que ces éléments présentent avec le silicium. La stabilité de la combinaison du niobium avec l'hydrogène, et le fait que les composés que forment ces éléments avec l'aluminium, sont des corps fragiles, dont la poussière n'offre aucun éclat métallique, me paraissent démontrer que, si l'on veut conserver la division des corps simples en métalloïdes et métaux, on ne peut les maintenir dans cette dernière classe. Au groupe qui renfermerait ces corps et le silicium, il faut nécessairement joindre le zirconium et le titane.

Cependant les principales combinaisons que forment ces divers éléments ne présentent point toutes le même mode de constitution, de telle sorte que, suivant les vues actuelles sur l'atomicité des corps, le niobium et le tantale sont des éléments pentatomiques, tandis que les autres corps du même groupe sont tétratomiques.

Ce résultat général me paraît avoir quelque importance, car il prouve, avec bien d'autres faits du reste connus depuis longtemps, que le principe adopté dans plusieurs traités de chimie récents, et qui consiste à faire de l'atomicité des éléments la base fondamentale de leur classification, ne conduirait qu'à un système aussi peu naturel, et certainement moins utile pour la pratique, que le principe admis jadis par Thénard pour la classification des métaux, savoir leur degré d'affinité pour l'oxygène.

Sans doute l'atomicité des corps, c'est-à-dire le mode de constitution de leurs composés les plus fréquents, constitue un caractère important, et qui acquiert une très-

grande valeur quand il est accompagné d'autres analogies, celle des propriétés physiques, par exemple, et surtout celle qui résulte d'affinités semblables et d'un même rôle chimique, comme cela a lieu pour les diverses familles des métalloïdes établies pour la première fois par M. Dumas. Mais vouloir lui attribuer une importance exagérée et exclusive, c'est s'exposer à réunir dans un même genre des corps qui offrent sous tous les autres rapports les plus grandes différences, comme l'argent et les métaux alcalins, et à séparer au contraire ceux qui présentent les plus grandes ressemblances, comme le silicium et le niobium.

DES PROGRÈS RÉCENTS

DANS

L'ÉTUDE DES INFUSOIRES

PRINCIPALEMENT D'APRÈS M. Fr. STEIN

PAR

ÉDOUARD CLAPARÈDE

De nombreux observateurs ont contribué, durant ces dernières années, à étendre nos connaissances relativement aux protozoaires en général et aux Infusoires en particulier. Mais, entre tous, MM. Balbiani et Stein, surtout ce dernier, méritent d'être nommés au premier rang.

Dès l'année 1859, M. Stein, dont les travaux sur les Infusoires avaient déjà attiré précédemment l'attention générale et provoqué de vives discussions, fit paraître le premier volume d'un ouvrage[1] important sur l'organisation des Infusoires. L'année 1867 a vu paraître le second tome[2] de ce magnifique ouvrage qui sera, avec le célèbre travail de M. Ehrenberg, le plus beau monument élevé par notre siècle aux recherches sur les animaux microscopiques. Ce second tome devait être consacré essentiellement aux animalcules ciliés constituant l'ordre que M. Stein désigne sous le nom d'hétérotriches. Toutefois, l'auteur a

[1] *Der Organismus der Infusionsthiere nach eigenen Forschungen*, von Dr Fr. Stein, 1ste Abtheilung, 1 vol. in-folio. Leipzig, 1859.
[2] *Ibid.*, 2te Abtheilung, 1 vol. in-folio. Leipzig, 1867.

jugé nécessaire de faire précéder cette étude d'une analyse détaillée des nombreux travaux concernant les infusoires parus dans l'intervalle. La plus grande partie de l'exposé qui va suivre, sera empruntée à ce savant compte-rendu, de la richesse duquel il ne pourra, il est vrai, donner qu'une maigre idée. Nous tiendrons compte, cependant, de quelques travaux récents, postérieurs par leur publication au tome second de l'ouvrage de M. Stein.

Les limites de la classe des Infusoires sont toujours sujettes à certaines contestations. M. Stein en exclut, ainsi que l'avaient fait MM. Claparède et Lachmann[1] dans leur ouvrage, les Amibes et les genres voisins pour les réunir aux Rhizopodes. Sur la fin de sa vie, Lachmann[2] émit une opinion différente et voulut réintégrer les Amibes, dans la classe des infusoires sous le nom d'Infusoires-Rhizopodes. Cette manière de voir n'est pas acceptée par M. Stein. Les Infusoires-Rhizopodes ont leurs parents immédiats dans les Rhizopodes proprement dits et dans les Grégarines. Même ces dernières devraient donc prendre place dans la classe des Rhizopodes. Leur liaison avec les Amibes est si intime que le *Proteus tenax* d'O. F. Müller serait, selon M. Stein, une Grégarine du genre Monocystis qui aurait quitté de petits crustacés du genre Cyclope pour se mouvoir librement dans l'eau.

Si M. Stein rejette les Infusoires-Rhizopodes de la classe des Infusoires, il prétend, en revanche, y maintenir les Infusoires flagellés que M. Hæckel considère comme

[1] Pour la commodité de l'exposition, je parlerai toujours de mes propres travaux au style indirect. E. C.

[2] *Verhandl. des naturhist. Vereins der preussischen Rheinlande 1859. Sitzungsber.* p. 91.

appartenant tous au règne végétal[1]. Pour une grande partie de ces organismes, l'opinion de M. Hæckel est évidemment fautive, pour tous ceux, en particulier, qui sont munis d'une bouche et avalent de la nourriture. Cette question est d'ailleurs intimement liée avec celle de la structure intime du corps des protozoaires. M. Stein nie complétement que le corps des Infusoires puisse être considéré comme une agrégation de cellules. MM. Claparède et Lachmann qui, malgré des efforts soutenus, avaient tout aussi peu réussi que lui à y découvrir la moindre trace d'organisation cellulaire, n'en étaient pas moins disposés à admettre qu'à l'aide de moyens de recherche plus puissants, on arriverait peut-être un jour à reconnaître une certaine complication de structure dans le sarcode des Infusoires. Ils basaient cette opinion sur la multiplicité des fonctions remplies par ce sarcode, sur la structure fine et régulière des coques et membranes sécretées par lui, etc. M. Stein ne voit pas de nécessité d'admettre une hypothèse pareille. Il objecte, avec raison, que le protoplasma des cellules végétales sécrète souvent des enveloppes à structure très-délicate, comme nous le voyons pour les diatomées, les grains de pollen, les cellules ligneuses, etc. L'existence chez certains infusoires de ces corpuscules particuliers, que MM. Allman, Claparède et Lachmann désignent sous le nom trichocystes et que M. Stein appelle corpuscules du toucher, n'implique point une nature cellulaire. M. Stein reconnaît maintenant ce qu'il s'était longtemps refusé à admettre, savoir que les longs filaments que l'on voit étendus en sens épars autour de certains infusoires ciliés tués par l'acide acétique et

[1] Ernst Hæckel, *Die Radiolarien*, 1 vol. in-folio avec atlas. Berlin, 1862.

dans d'autres circonstances proviennent de ces corpuscules. Cependant, il se refuse à voir dans ces derniers des capsules renfermant un fil préformé. Il ne s'agit, suivant lui, que de petites masses d'une substance propre à s'étirer en longs fils. En somme, M. Stein admet, dans tous ses traits principaux, la théorie sarcodique et il refuse de se joindre à MM. Schultze et Hæckel, lorsque ces savants veulent voir dans le corps des infusoires l'équivalent d'une agrégation de cellules fusionnées en une seule masse.

Sans doute, il se forme dans le sarcode, soit des Infusoires, soit des Rhizopodes, par voie spontanée, des nucléus en nombre simple ou multiple, ou même des cellules véritables (cellules jaunes des radiolaires); mais cette génération endogène de noyaux et de cellules dans le sarcode ne justifie point encore l'interprétation de MM. Schultze et Hæckel. Cette interprétation est pourtant liée à un point de vue d'importance majeure. Selon M. Gegenbaur, et M. Hæckel marche ici entièrement sur ses traces, l'animal comme la plante sont dans le principe une simple cellule, mais la plante ou bien conserve cette nature unicellulaire, ou bien se transforme par division spontanée en un organisme multicellulaire, dont les cellules s'entourent immédiatement chacune d'une membrane de cellulose et conservent ainsi leur indépendance; tandis que l'animal ne reste jamais unicellulaire; il se développe toujours par division de la cellule primitive en un organisme multicellulaire, dont les cellules gardent les unes leur indépendance par formation d'une membrane, tandis que les autres se réunissent pour former des tissus d'ordre supérieur dans lesquels les limites des cellules ne sont souvent plus reconnaissables. Cette thèse de MM. Gegenbaur et Hæckel a pour résultat de classer, sans hésitation, tous

les organismes unicellulaires parmi les végétaux. Mais, pourquoi n'y aurait-il pas des êtres unicellulaires aussi bien parmi les végétaux que parmi les animaux ? Les Arcelles qui renferment le plus souvent de nombreux nucléus n'en contiennent cependant, dans certains cas, qu'un seul, aussi M. Hæckel penche-t-il à les placer parmi les plantes. Mais les Arcelles mangent, et elles passent par transition insensible aux Polythalames, dont personne ne voudra faire des végétaux. Cette nouvelle distinction entre le règne végétal et le règne animal semble donc aussi peu décisive, que toutes celles qu'on a tenté d'établir précédemment. Selon M. Stein, l'Infusoire est un être unicellulaire au moment de sa première formation. Chaque sphère germinative (Keimkugel) provenant de la division du nucléus de l'Infusoire parent se transforme directement en embryon, sa membrane en devient la cuticule, son protoplasma en devient le sarcode, son noyau en devient le nucléus. Mais l'Infusoire, entièrement formé, ne saurait plus être considéré comme un organisme unicellulaire. Ce n'est plus simplement une cellule modifiée dans son développement ; la structure primitive de la cellule a fait place à une organisation de toute autre nature.

M. Stein considère le corps entier de l'Infusoire comme formé par du sarcode plus dense à la périphérie, plus mou au centre. Il a déjà opposé cette manière de voir dans la première partie de son ouvrage à celle de MM. Claparède et Lachmann qui considéraient la région périphérique plus dense comme formant seule le parenchyme du corps, et la région centrale dans laquelle s'opèrent les phénomènes de digestion, comme une cavité digestive remplie d'un chyme épais. Ce chyme est donc vivant aux yeux de M. Stein, contractile et doué du pouvoir digestif,

manière de voir à laquelle nous ne saurions refuser aujourd'hui notre approbation. Dans la couche la plus externe et, par conséquent, la plus dense du sarcode, M. Stein s'était longtemps refusé à reconnaître aucune trace de muscles. Aujourd'hui, cependant, sans parler du muscle du pédoncule des Vorticelles, il admet, comme M. Schmidt en particulier, l'existence de véritables muscles sous la cuticule de beaucoup d'Infusoires. M. Ehrenberg avait déjà entrevu les muscles longitudinaux et spiraux des Stentors, mais maintenant, M. Stein, comme M. Schmidt, revendique la nature musculaire pour les stries granuleuses de tous les Infusoires dont la surface présente des systèmes de stries. La justesse de cette interprétation ressort de ce fait que les contractions du corps ont toujours lieu dans le sens de la direction des stries. Le *Spirostomum ambiguum*, avec ses stries granuleuses, décrivant plusieurs tours de spire autour de son corps et avec sa contractilité exceptionnelle, est un des animalcules les plus propres à l'étude de cette question. Lorsque cet Infusoire allongé se contracte, il ne se raccourcit pas simplement suivant son axe longitudinal, mais il se tord en même temps en spirale, comme une vis ; cette torsion est toujours léotrope, comme le système de stries. M. Stein pousse maintenant l'identification des muscles des Infusoires avec ceux des animaux supérieurs, au point d'assimiler les granules des fibres des Stentors aux disdiaclastes des muscles. Dans tous les cas, les systèmes de stries chez les Infusoires ne sont point liés, comme on l'a cru quelquefois, au vêtement ciliaire. En effet, certains Infusoires présentent des systèmes de stries dans des régions d'ailleurs entièrement glabres, tandis que d'autres sont ciliés sur toute leur surface sans présenter aucune trace de stries.

La nature des cils des Infusoires est restée jusqu'ici assez douteuse, bien qu'on ait considéré, en général, ces organes comme des appendices de la cuticule, M. Stein cite des observations concluantes prouvant que ces cils ne sont nullement cuticulaires, mais qu'il faut les considérer comme formés uniquement par le protoplasma, soit sarcode de l'animal. Il a été, en effet, témoin d'une véritable mue chez une Operculaire. L'animal contracté se détache de sa cuticule, à laquelle il reste adhérent pendant quelque temps par deux régions circulaires, correspondant l'une au cercle postérieur de cils vibratiles, l'autre à la réflexion du péristome. Puis tout à coup ces derniers points d'attache se rompent et l'animal se trouve libre dans l'intérieur de son ancienne cuticule. Il porte toujours son cercle de cils vibratiles à sa partie postérieure. Il faut donc admettre que ces cils traversaient la cuticule, grâce à l'existence de très-petits pores, mais qu'ils appartiennent réellement à la masse de sarcode de l'animal.

Relativement au mode de nutrition des Infusoires, M. Stein croit devoir réfuter avec soin un Mémoire récent de M. Ehrenberg[1], dans lequel ce savant cherche à réhabiliter son ancienne théorie de la polygastricité. Cette peine était pour ainsi dire superflue : cette théorie a fait son temps, et M. Ehrenberg a lui-même moins cherché à la démontrer à l'aide de faits nouveaux qu'à solliciter une importance exagérée pour des préparations microscopiques desséchées pendant plus de vingt-sept ans. Ce n'est pas seulement aux Infusoires, mais c'est encore aux diatomées que M. Ehrenberg continue d'attribuer des

[1] *Ueber die seit 27 Jahren noch wohl erhaltenen Organisationspräparate des mikrosk. Lebens. — Abhdl. der Berliner Akad. der Wissens. aus dem Jahre 1862.* Berlin, 1863.

estomacs multiples. Une semblable assertion ne saurait plus se discuter aujourd'hui.

Les vésicules contractiles des Infusoires ont été interprétées de manières fort diverses depuis M. Ehrenberg, qui en faisait des vésicules séminales, jusqu'à Wiegmann, et M. de Siebold qui en faisaient le centre d'un appareil circulatoire, opinion qui a été soutenue aussi par MM. Claparède, Lachmann et Lieberkühn, et, enfin, à M. Oscar Schmidt qui en fit le centre d'un système aquifère. L'opinion de M. Schmidt était basée sur la découverte faite par lui d'une communication. chez certains Infusoires, de la vésicule contractile avec le monde extérieur. Cette observation, fort importante, fut bientôt confirmée par divers observateurs, tels que MM. Leuckart, Leydig, Carter. Sur la fin de sa vie, Lachmann en reconnut aussi la justesse. M. Stein, à son tour, démontre, avec beaucoup de soin, cette communication de la vésicule contractile avec l'extérieur, et à une époque toute récente ce sujet a été de nouveau étudié et élucidé avec beaucoup de zèle par M. Zenker[1] et M. Schwalbe[2]. De toutes ces nombreuses observations il semble ressortir que les vésicules contractiles jouent moins le rôle d'un système aquifère introduisant de l'eau dans le corps que celui d'un appareil excréteur. Les canaux qui, chez beaucoup d'Infusoires, sont en communication avec les vésicules contractiles, paraissent être de véritables canaux de drainage destinés à enlever au sarcode l'eau surabondante qui l'imprégne et qui y est apportée continuellement, soit par la bouche,

[1] *Beiträge zur Naturgeschichte der Infusorien*, von Dr W. Zenker. Archiv für mikr. Anatomie, 1866, II, p. 332.

[2] *Ueber die contractilen Behälter der Infusorien*, v. Dr G. Schwalbe. Ibid., p. 351.

soit par l'absorption de la surface du corps. Cette eau emmagasinée dans la vésicule contractile est chassée au dehors par les contractions rhythmiques de celle-ci. Il semble d'ailleurs résulter de toutes les observations les plus récentes, que les vésicules contractiles n'ont pas de membrane propre, on peut donc leur rendre le nom de vacuole que leur donnait Dujardin. Leur mouvement de systole et de diastole est dû à la contractilité du protoplasma ou sarcode ambiant. Il faut, dans ce cas, admettre que les contractions de cette substance sont sollicitées, soit par l'action mécanique du liquide qui distend la vacuole, soit par la composition chimique de ce liquide. Peut-être les deux causes agissent-elles simultanément.

Dans tous les cas, il est probable que l'eau qui traverse continuellement les tissus de l'Infusoire, pour être ensuite éliminée par la vésicule contractile, joue un rôle important dans les phénomènes de respiration. Ce sujet a été scruté avec beaucoup de sagacité par M. Schwalbe, qui, à l'aide de quelques expériences, a rendu fort plausible le rôle respiratoire des courants d'eau traversant le sarcode.

Les progrès les plus remarquables de l'étude des Infusoires sont, sans contredit, ceux relatifs aux phénomènes de reproduction sexuelle chez ces animaux. La première impulsion fut donné par la découverte d'éléments comparables aux zoospermes, chez certains Infusoires, en l'année 1856, par Joh. Müller, Lachmann, Claparède et Lieberkühn, mais ce sujet fut immédiatement repris et développé d'une manière inattendue par M. Balbiani[1] et M. Stein. M. Balbiani eut le mérite de reconnaître le pre-

[1] Voyez différentes notes et plusieurs mémoires de M. Balbiani insérés soit dans les *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, soit dans le *Journal de Physiologie*.

mier que, chez le *Paramæcium Bursaria*, les zoospermes se développent dans le nucléole et il revendiqua pour ce petit organe le titre de glande sexuelle mâle, tandis qu'il considérait le nucléus comme un ovaire. Il poursuivit des couples de Paramæcium dans cet état d'union intime, qu'on désigne aujourd'hui généralement sous le nom de conjugaison, mais qu'il considéra, sans hésitation, comme un véritable accouplement. Pendant cet état de conjugaison, les deux individus de chaque couple échangent, selon M. Balbiani, leurs capsules séminales résultées de la transformation du nucléole et chacun de ces individus hermaphrodites se trouve ainsi fécondé. A la suite de ces phénomènes, M. Balbiani vit chaque nucléus donner naissance à des embryons acinétiformes semblables à ceux que M. Cohn et M. Stein avaient précédemment décrits chez cet animal. Plus tard, il est vrai, M. Balbiani révoqua la dernière partie de ces observations, déclarant qu'il avait été victime d'une méprise, et que les prétendus embryons ne seraient que des acinétiniens parasites appartenant au genre *Sphærophrya* Clap. et Lach. M. Stein, en revanche, maintient la nature embryonnaire de ces petits êtres, et il fournit des preuves abondantes et considérables en faveur de cette manière de voir. Chez certaines Stylonychies en particulier, dont les embryons ont également une forme de Sphærophrya, ces petits êtres quittent le corps de la Stylonychie par une ouverture dont la position est parfaitement constante. Cette constance serait bien singulière s'il s'agissait, comme le pense M. Balbiani, d'un passage que le parasite se serait frayé à travers les tissus de son hôte. Quoi qu'il en soit, l'interprétation donnée par M. Balbiani au phénomène même de la conjugaison, ne paraît pas avoir de valeur générale,

et ne serait pas même entièrement exact, selon M. Stein, pour le cas particulier du *Paramæcium Bursaria.* Chez cet animal, d'après le professeur de Prague, le nucléole de chaque individu se développe pendant la conjugaison en une ou plusieurs capsules séminales, qui n'arrivent à complète maturité que lorsque les deux individus conjugués se sont séparés de nouveau. Point d'échange réciproque, par conséquent, des nucléoles. Dans chaque individu, redevenu libre, les zoospermes pénètrent dans le nucléus et le fécondent. Celui-ci se divise alors en un certain nombre de masses germinatives, dont chacune devient le point de départ de la formation d'un embryon acinétiforme.

Malgré les divergences considérables qui subsistent entre les nombreuses observations de MM. Stein et Balbiani, il est à peine permis de douter, aujourd'hui, que les infusoires dont les organes reproducteurs sont formés par un nucléus et un nucléole (en nombre simple ou multiple) doivent être considérés comme de véritables hermaphrodites, dans lesquels le nucléus joue le rôle d'organe femelle et le nucléole celui d'organe mâle. Toutefois, il est à remarquer que jusqu'ici le nucléole n'a été reconnu que chez un nombre d'Infusoires très-restreint. L'ordre entier des acinétiniens, si bien étudié au point de vue de la reproduction par différents auteurs, n'en présente jamais la moindre trace, tellement que M. Balbiani se voit forcé de considérer sa reproduction comme asexuelle. L'ordre des Infusoires flagellés est, de même, formé par des êtres toujours dépourvus de nucléole. Même parmi les Infusoires ciliés, certains genres, et peut-être des familles entières, comme celle des Vorticellines, ont bien un nucléus, mais jamais de nucléole, et, cependant, chez

tous ces Infusoires dépourvus de nucléole, le nucléus donne naissance par sa division à des masses germinatives destinées à former de nouveaux individus. Cela est vrai, même des Infusoires flagellés, puisque M. Stein décrit en détail un tel mode de multiplication chez l'*Euglena viridis*. Aussi est-il peut-être imprudent de renoncer aux termes de *nucléole* et de *nucléus*, comme le fait M. Balbiani, pour les échanger contre ceux de *testicule* et d'*ovaire*. Les termes de nucléole et de nucléus ont d'ailleurs leur droit de bourgeoisie acquis dans la science et, comme le fait remarquer M. Stein, la signification vague de ces dénominations est fort avantageuse aussi longtemps que les phénomènes sexuels proprement dits, ne sont connus, pour ainsi dire, que comme des faits exceptionnels parmi les Infusoires. Au point de vue histologique, d'ailleurs, il y a une assez grande différence entre les organes en question et les glandes sexuelles d'autres animaux. Le nucléole, par exemple, est toujours formé d'une enveloppe dépourvue de toute structure et d'un contenu homogène qui se transforme directement en faisceau de zoospermes. Il ne renferme jamais d'éléments celluleux, comme le fait tout vrai testicule. Il est tout aussi difficile, malgré les efforts faits par M. Balbiani dans ce sens, de reconnaître au nucléus les caractères histologiques d'un ovaire et aux fragments dans lesquels il se divise ceux de véritables ovules.

Les phénomènes de conjugaison, dont l'étude avait soulevé entre les mains de M. Balbiani de si intéressantes questions, ces phénomènes, disons-nous, ont été poursuivis avec plus de soin encore et sur un nombre d'espèces bien plus considérable par M. Stein, mais ce savant est loin d'admettre les conclusions, peut-être un peu pré-

maturées de son confrère. Pour M. Balbiani, la conjugaison est un véritable accouplement, ainsi que nous l'avons dit, et cet observateur admet, dans certains cas tout au moins, l'existence d'ouvertures sexuelles permettant l'échange des capsules séminales. M. Stein conteste entièrement l'existence de ces ouvertures. Leur présence ne serait d'ailleurs point nécessaire pour expliquer la fécondation, puisque les cavités du corps des deux individus conjugués sont toujours en communication plus ou moins large l'une avec l'autre. Mais, sans nier que, dans certains cas, une fécondation puisse intervenir pendant une conjugaison, M. Stein ne voit dans ce fait qu'un simple accident d'importance secondaire, et il se refuse, par conséquent, à échanger le terme de conjugaison contre celui d'accouplement.

Dans l'état actuel de la science, il faut, pense M. Stein, envisager la conjugaison comme un phénomène ayant pour résultat le développement complet des organes générateurs jusqu'alors rudimentaires. De quelle manière la conjugaison engendre-t-elle cette modification ? c'est là un problème, il est vrai, encore à résoudre, mais le fait même est indubitable. A ce point de vue, la conjugaison serait un prélude nécessaire de la fécondation. Dans la plus grande partie des cas, la conjugaison se termine par une nouvelle séparation des individus conjugués. Leur soudure avait-elle eu lieu sur une faible étendue seulement, de telle sorte que les deux individus fussent restés en majeure partie distincts, ils se séparent de nouveau suivant la ligne de soudure comme par une division spontanée. Mais, si les individus conjugués sont arrivés à un degré de fusion tel que des régions entières du corps de l'un ou l'autre individu aient complétement disparu, comme

c'est le cas chez les Oxytrichiens, une simple division ne suffit plus pour séparer les individus fusionnés. On ne voit point dans ce cas, à la fin de la conjugaison, se reformer les parties disparues, mais dans le cadre de la sizygie, tel est le nom que M. Stein donne à l'être résulté de la fusion de deux individus conjugués, on voit apparaître deux nouveaux petits individus qui croissent aux dépens des individus primitifs, qui en résorbent les éléments et finissent par s'en détacher pour vivre d'une manière indépendante. Ces nouveaux individus sont différents des Oxytrichiens normaux par le fait qu'ils ne possèdent plus les deux nucléus biarticulés si caractéristiques de ces Infusoires. Dans la règle, ils paraissent ne prendre aucune nourriture. Ils contiennent à la place des nucléus normaux, d'après les observations identiques de M. Stein et de M. Engelmann, un corps central unique qu'on peut appeler le placenta. De ce corps se détachent un certain nombre de masses germinatives destinées à former autant d'embryons acinétiformes. Après quoi les restes du placenta se divisent en deux fragments biarticulés qui reprennent la forme des nucléus normaux. Il est probable enfin que lorsque la conjugaison est plus intime encore, comme c'est le cas chez les Stylonychies, les individus conjugués restent réunis en un seul d'une manière définitive.

Dans trois familles d'Infusoires, celles des Vorticellines, des Ophrydines et des Trichodines, il était réservé à M. Stein de faire connaître un mode de reproduction très-inattendu. Chez les Vorticellines, il est vrai, d'autres observateurs, en particulier MM. Claparède, Lachmann et Engelmann, avaient déjà suivi pas à pas la formation de jeunes individus dans des fragments du nucléus des adultes. L'exactitude de ces faits n'est nullement révoquée en

doute par M. Stein; il les a, au contraire, entièrement confirmés. Mais il a, en outre, constaté des phénomènes différents qu'il désigne sous le nom de conjugaison gemmiforme, phénomènes qui, s'ils sont interprétés justement par lui, ouvrent à l'observation un champ entièrement nouveau. Les familles d'Infusoires en question ont été depuis longtemps remarquées comme présentant des phénomènes de gemmiparité, mode de reproduction étranger aux autres Infusoires. Or, d'après M. Stein, tous les observateurs se seraient trompés sur ce point, lui-même comme les autres, et les prétendus bourgeons ne mériteraient point ce nom. L'apparence d'un individu parent, engendrant un bourgeon, serait le résultat de la conjugaison de deux individus d'inégale grosseur. Dans ce cas, de même que dans celui de la conjugaison d'individus de grosseur semblable, découvert dans l'origine chez les Vorticellines par MM. Claparède et Lachmann, les individus conjugués se fondent en un seul pour ne plus jamais se séparer. La conjugaison d'individus de grosseur égale n'a été constatée jusqu'ici que chez les genres Vorticelles et Carchesium. Toutefois, selon M. Stein, la conjugaison gemmiforme, serait de beaucoup la plus fréquente, même dans ces deux genres. Il l'a constatée, en outre, chez les Zoothamnium, les Lagenophrys et les Trichodines. Le petit individu nécessaire à une conjugaison gemmiforme naît, dans une famille de Vorticellines par exemple, par la division plusieurs fois répétée d'un individu normal. On voit alors la place d'un des individus de la famille occupée par un groupe formé le plus souvent de huit petits individus serrés les uns contre les autres. Ces rosettes de petits individus ont frappé dans certains genres tous ceux qui se sont occupés d'Infusoires, sans qu'on ait

cru cependant devoir leur attribuer de fonction particulière. Ces petits individus, que M. Stein désigne sous le nom de microgonidies, sont munis chacun d'un cercle de cils natatoires : ils se détachent de leur pédoncule et vont se fixer sur un gros individu de la même espèce avec lequel ils se conjuguent. Au commencement de la conjugaison, l'apparence des deux individus conjugués est tout à fait celle d'un gros individu portant un petit bourgeon. Toutefois, le petit individu s'enfonçant toujours plus dans le grand et se fondant avec lui, finit par disparaître [1].

Le résultat de cette singulière conjugaison est toujours la production par les nucléus des individus conjugués d'un nombre plus ou moins grand de petits segments circulaires qui tantôt restent isolés les uns des autres, comme c'est le cas dans le genre Vorticelle, tantôt finissent par se réunir en un seul corps, le placenta, comme cela arrive pour la plupart des autres Vorticellines et pour les Trichodines. Dans le premier cas, une partie des segments du nucléus se transforme en masses germinatives pour former autant d'embryons, tandis que les autres se réunissent pour reproduire un nucléus de forme normale ; dans le second cas, le placenta produit d'abord

[1] Quelque inattendue, et je dirai même invraisemblable, qu'ait été pour moi au premier abord cette nouvelle doctrine de M. Stein, je dois dire, cependant, que je trouve parmi mes propres observations certains faits qui s'accordent assez bien avec elle. C'est ainsi que j'ai décrit et figuré avec M. Lachmann chez les Epistylis des cas de bourgeonnement dans lesquels une ligne parfaitement nette délimite dans les tissus du parent les contours du bourgeon. Cette apparence s'explique fort bien si le prétendu bourgeon est un individu plus petit s'enfonçant par degrés dans un individu plus grand. Nous avons également décrit un cas de conjugaison d'un bourgeon en voie de formation avec un autre individu. Dans la doctrine de M. Stein, il s'agirait de la conjugaison d'un microgonidie avec deux gros individus.

un certain nombre de masses embryonnaires, puis le reste reprend la forme du nucléus ordinaire. Les embryons, une fois formés, quittent le corps de l'individu parent par une ouverture de parturition. Leur ressemblance avec les adultes est nulle. Ce sont des corps ovales privés de bouche et d'anus, munis d'un nucléus et d'une vacuole contractile, vêtus de cils sur toute leur surface ou au moins ornés d'une ceinture ciliaire. Ils tourbillonnent avec une grande rapidité et n'ont pu être poursuivis dans le cycle de leurs métamorphoses.

Les exemples de conjugaison gemmiforme apparaissent, selon M. Stein, toujours isolément dans les familles de Vorticellines. Il semble, au premier abord, difficile de concilier ces observations avec celles de MM. Claparède et Lachmann. En effet, ces deux zoologistes ont toujours vu chez l'*Epistylis plicatilis* les embryons se former simultanément chez la plus grande partie des individus d'une même famille, individus remarquables d'ailleurs par une forme plus élancée que celle des familles non reproductrices. L'exactitude de ces observations ne saurait être révoquée en doute; elles ont été confirmées par M. Engelmann et par M. Stein lui-même. Le savant professeur de Prague cherche à les expliquer de la manière suivante. Les individus des familles reproductrices n'auraient point passé eux-mêmes directement par une conjugaison, mais ils descendraient par voie de fissiparité d'un ancêtre qui, après avoir été fécondé à la suite d'une conjugaison, se serait détaché de son pédoncule pour aller fonder une famille nouvelle. Cette hypothèse est attrayante, mais c'est encore une pure hypothèse.

Nous ne saurions quitter cet aperçu des phénomènes reproducteurs chez les Infusoires sans rappeler que

M. Stein s'est efforcé jadis d'établir une liaison génésique entre les Vorticellines et les Acinétiniens. Cette opinion était basée sur une longue série de faits tous fort bien observés, mais rapprochés les uns des autres d'une manière malheureuse. Elle fut combattue d'abord par M. Cienkowski, puis et surtout par MM. Claparède et Lachmann. Il faut rendre à M. Stein la justice de reconnaître que, malgré la vivacité du débat, il a su céder aux arguments de ses adversaires dès qu'ils ont été concluants. Habitué cependant depuis de longues années à considérer tous les Acinétiniens comme des formes larvaires, M. Stein, tout en renonçant à voir en eux le jeune âge des Vorticellines, se laissa entraîner à les intercaler dans le cycle de développement d'autres Infusoires. Aujourd'hui cependant, avec une parfaite franchise, M. Stein reconnaît que, pour la seconde fois, il avait fait fausse route dans l'interprétation des Acinétiniens. Cette erreur était d'ailleurs fort compréhensible. Le fait que les embryons de tant d'Infusoires sont munis de suçoirs semblables à ceux des Acinétiniens pouvait facilement entraîner vers une hypothèse aussi séductrice. Il reste dans tous les cas acquis à la science que les Acinétiniens conservent à l'état adulte une organisation voisine de celle des embryons d'autres Infusoires.

Nous ne saurions clore ce bref aperçu sans indiquer notre opinion sur l'état actuel de la classification des Infusoires. Nous avons vu se succéder à des intervalles divers les tentatives de MM. Ehrenberg, Dujardin, Claparède et Lachmann. Chacune d'elles a constitué un progrès incontestable, mais toutes souffraient encore de bien des défauts. Le nombre considérable de genres nouveaux découverts durant ces dernières années, surtout par M. Stein, doit

conduire dans bien des cas à des groupements nouveaux. Les nombreuses familles nouvelles établies par M. Stein, comme aussi les restrictions que ce savant a apportées à beaucoup de familles admises avant lui, méritent, sans contredit, dans la plupart des cas une complète approbation. Mais le plus grand mérite de M. Stein, concernant la classification, consiste dans la subdivision très-naturelle qu'il a su introduire parmi les Infusoires ciliés. Il les répartit selon la forme et la distribution de leur vêtement ciliaire dans les quatre ordres des Péritriches, des Hypotriches, des Hétérotriches et des Holotriches. Ce mode de subdivision nous paraît fort naturel, et recevra sans aucun doute l'approbation générale. M. Stein donne à ces divisions le nom d'ordres, ce qui semble indiquer qu'à ses yeux les Infusoires ciliés, les Acinétiniens et les Infusoires flagellés, forment trois classes distinctes.

Nous regrettons de ne pouvoir aborder l'examen de la partie spéciale de l'ouvrage de M. Stein. Les limites qui nous sont imposées par cette analyse nous l'interdisent. La richesse des faits nouveaux renfermés dans ce travail conduira nécessairement tous ceux qui s'intéressent spécielement aux Infusoires, à recourir directement au nouveau volume de M. Stein.

A. FAVRE.

RECHERCHES GÉOLOGIQUES

DANS LES PARTIES

DE LA SAVOIE, DU PIÉMONT ET DE LA SUISSE

VOISINES DU MONT-BLANC

3 vol. in-8°, avec un atlas de 32 planches. Paris, V. Masson et fils, 1867,

PAR

M. B. STUDER.

La Haute-Savoie a été depuis un siècle le pays classique de la géologie et de la physique des hautes Alpes. Le voyage que de Saussure fit à Chamonix, en 1760, à l'âge de vingt ans, avec ses amis J.-L. Pictet et Jallabert, paraît avoir fixé la direction de son esprit vers l'étude des problèmes que nous pose la structure du Mont-Blanc et des phénomènes qui ont lieu dans les parties élevées de l'atmosphère, et c'est de cette époque que date une nouvelle ardeur dans l'étude de la physique du globe. De Saussure cependant était plutôt minéralogiste et physicien que géologue, dans le sens qu'aujourd'hui on attache trop exclusivement à ce titre ; ses observations dans les Alpes n'avaient pas pour but la stratigraphie des terrains et leur âge relatif, mais la composition des roches cristallines et la recherche des agents auxquels elles doivent leur origine et leur position actuelle, et pour tout ce qui se rapporte à ces questions difficiles ses recherches servent en-

core de modèle. C'était la géologie de son temps qui l'inspirait. Après sa mort, au commencement de ce siècle, l'on ne connaissait dans le pays qui s'étend du lac de Genève jusqu'en Maurienne, ainsi que dans presque tous les autres, ni la disposition des terrains stratifiés, ni leurs rapports avec les terrains des pays environnants. A peu près tout ce que l'on entend aujourd'hui par la connaissance géologique d'un pays restait à faire. Un premier pas, pour atteindre ce but, fut fait par Brochant, qui, en 1808, dans son remarquable mémoire sur la Tarentaise, démontra que la plus grande partie des roches du Mont-Blanc, regardées jusque alors comme primitives, devaient être classées parmi les terrains neptuniens de transition de Werner. En 1823, Bakewell publia ses *Travels*, dans lesquels il reconnut le terrain houiller dans la puissante masse de schistes et de grès qui, en Savoie et en Dauphiné, renferment des anthracites, et le lias dans les calcaires qui leur sont superposés. Peu d'années après, M. Élie de Beaumont, dans ses éminents travaux sur les Alpes du Dauphiné, effleura aussi la Savoie et donna une bien plus grande extension au lias en y réunissant les schistes que Bakewell avait regardé comme appartenant au terrain houiller et même des schistes en partie cristallins. La même opinion fut soutenue par M. Sismonda, qui fit beaucoup de courses en commun avec M. Élie de Beaumont, et c'est à lui, sinon à M. Élie de Beaumont lui-même, que nous devons le premier essai d'une carte géologique de la Savoie, comprise dans la grande carte géologique de la France, publiée en 1841, et dans celle du Piémont, publiée en 1862. Mais ce fut particulièrement Necker qui, par l'étude des terrains de sédiment de la Savoie, voulut combler la lacune laissée par son illustre

grand-père. Les travaux géologiques sur les Alpes qu'il nous a laissés, malheureusement en trop petit nombre, témoignent de son éminent talent d'observateur consciencieux, de son esprit juste, trempé par de fortes études, de l'élégance et de la clarté de son style. De son temps, cependant, les obstacles qui s'opposaient à faire la géologie spéciale d'un pays alpin étaient insurmontables. On manquait de cartes, même médiocres, la paléontologie était dans l'enfance, et les fossiles que l'on trouvait ne pouvaient être déterminés. A peine venait-on de reconnaître, d'après Al. Brongniart et Buckland, la conformité des fossiles des Fiz avec ceux de Folkstone. En France même, où les fossiles sont si abondants, les terrains du Dauphiné et de la Provence, qui sont la continuation de ceux de la Savoie, n'avaient pas été étudiés. L'on ne s'était pas habitué enfin aux énormes contorsions et dislocations des couches qui trop souvent troublent et égarent le jugement sur l'ordre véritable de la succession des terrains. Ce sont probablement ces difficultés, et peut-être aussi le plan trop vaste qu'il s'était proposé, qui ont découragé Necker de continuer ses *Études géologiques dans les Alpes*. Il n'en a paru qu'un seul volume, en 1841, qui traite des terrains récents, quaternaires et miocènes des environs de Genève, et l'ouvrage devait embrasser la Savoie, l'Istrie et les parties intermédiaires des Alpes qu'il avait visitées.

Depuis les premiers mémoires de Necker sur la Savoie, qui datent de 1826 et 1828, la géologie de ce pays a fait de notables progrès. Sous le patronage éclairé de Monseigneur l'archevêque Billiet, un centre scientifique s'est établi à Chambéry, et MM. Chamousset, Vallet et Pillet nous ont fait connaître la géologie des Alpes calcaires de leurs environs par des communications qui sont parfaite-

ment au niveau de la science actuelle. Un autre centre, plus restreint, encouragé par Monseigneur l'évêque Rendu, s'est formé à Annecy, où M. de Mortillet, auteur d'une *Géologie et Minéralogie de la Savoie*, 1858, avait établi pendant quelques années sa résidence. Nous devons à MM. Pictet et de Loriol la connaissance des fossiles, à M. Favre celle de la géologie des Voirons, du Salève, du Môle et d'autres parties de la Savoie. Dans les pays alpins qui touchent à la Savoie l'on n'est pas resté en arrière. Le Dauphiné a été exploré et décrit par MM. Gueymard et Sc. Gras, et la description classique de cette contrée, accompagnée d'une belle carte, que nous devons à M. Lory est justement appréciée comme l'un des meilleurs ouvrages de géologie alpine. En Suisse, nous avons cherché à nous tenir au niveau, et plusieurs de nous ont poussé leurs recherches sur la rive gauche du Rhône et au delà. Tous ces travaux n'auraient guère été possibles sans les nouvelles cartes à grande échelle, publiées à Chambéry et à Turin, et sans les immenses progrès que la paléontologie a faits depuis environ trente ans.

Malgré ces informations partielles, il nous manquait un ouvrage qui embrassât l'ensemble de la géologie de la Savoie, de ses terrains de sédiment aussi bien que de ses massifs de roches cristallines, et c'est cette lacune que M. Favre vient de combler heureusement par ses *Recherches géologiques dans les parties de la Savoie, du Piémont et de la Suisse voisines du Mont-Blanc.* Ce splendide ouvrage était vivement attendu depuis la publication, en 1862, de la belle carte géologique de la Savoie, à laquelle il doit servir de texte.

Nul doute qu'en comparant la position de l'auteur de ces ouvrages à celle de Necker, on ne doive reconnaître

que M. Favre a pu jouir des grands avantages que la science des temps modernes a mis à notre disposition, et la revue littéraire qu'il donne au commencement de plusieurs chapitres, ainsi que les nombreuses citations, toujours courtoises, lors même que l'auteur diffère d'opinion, témoignent qu'il en a largement profité. L'on serait injuste cependant si, pour se rendre compte du mérite supérieur de ce nouvel ouvrage, l'on faisait trop grande la part qui est due à ces avantages. Les principales raisons du succès, qui, sans doute, attend cette publication, doivent, si nous ne nous trompons, être cherchées ailleurs. Ce succès sera d'abord dû au choix d'un pays intéressant sous tous les rapports, parcouru par la plupart des géologues et des touristes, célèbre par des travaux antérieurs, et cependant assez limité pour autoriser l'espoir d'acquérir une connaissance suffisante de sa constitution géologique, en consacrant à son exploration la meilleure part de la vie d'un homme. C'est ensuite à la persévérance dans la poursuite d'un même but, car, quoique M. Favre, après avoir fixé son plan de travail, il y a près de trente ans, ait fait bien des voyages et séjours en différentes parties de l'Europe, il n'a jamais perdu de vue son objet principal, et y est retourné avec la même ardeur après toutes ses absences et autres distractions. Ses courses dans les montagnes ont toujours été dirigées par l'intérêt de la science, et il ne s'en est jamais laissé détourner, ni par la difficulté ou le danger des passages, ni par l'ardeur d'escalader des pics réputés inaccessibles; il a même résisté à la tentation bien naturelle d'atteindre la cime du Mont-Blanc qui domine son champ de travail, cette course ne lui promettant aucun résultat d'un intérêt quelconque sous le rapport géologique. C'est

enfin à l'indépendance de ses recherches de toute idée préconçue et systématique. Nous ne voulons pas dire par cela qu'il ait observé sans s'être posé des questions à résoudre, des hypothèses à examiner, mais bien qu'il n'a jamais été dominé par une opinion à ce point de ne voir que ce qui paraît lui être favorable. Dans tout l'ouvrage les faits sont posés en première ligne, et ce sont les observations de détail, accompagnées par les dessins de l'atlas, qui lui donnent sa grande valeur. L'aridité des descriptions est habilement évitée par la revue et la critique des principales théories par lesquelles on a cherché à les expliquer, et lorsqu'à la fin l'auteur propose sa propre opinion, c'est toujours avec réserve et sans la moindre tentative de l'imposer au lecteur qui ne se trouve jamais fatigué par de longs raisonnements.

L'auteur, en partant des bords du lac Léman vers la limite méridionale de sa carte, décrit au fur et à mesure les différents terrains et groupes de montagnes qui se présentent sur cette route. C'est à peu près le plan que de Saussure paraît avoir eu en vue, mais qu'il a abandonné dans la suite. En effet, le premier volume de l'ouvrage de M. Favre traite des mêmes objets que la majeure partie du premier volume des *Voyages* de de Saussure. Nous y trouvons la description des terrains récents, diluviens et tertiaires des environs de Genève, du mont Salève, des Voirons et du Môle. Le même ordre paraît avoir été adopté par Necker qui, cependant, dans le premier volume de ses *Études,* ne parvient que jusqu'à la mollasse rouge. Il est d'un grand intérêt, en comparant ces trois ouvrages, de suivre les progrès de notre science dans les intervalles de l'un à l'autre. Quelle masse de faits remarquables, inconnus à de Saussure, ne trouve-t-on pas dans les études de son

petit-fils! et, cependant, cet ouvrage même de Necker nous paraît presque suranné, si l'on réfléchit qu'il est antérieur à la grande discussion sur le terrain erratique, qui nous a occupés pendant le quart de siècle qui s'est écoulé depuis son apparition. Des 217 pages que M. Favre a données aux terrains modernes et quaternaires, 120, ou plus de $^5/_9$, sont consacrées au *terrain erratique*, à la dispersion des blocs alpins, aux anciennes moraines et aux galets striés. L'auteur se déclare convaincu, avec la plupart des géologues vivants et tous les géologues suisses, que l'hypothèse d'une grande extension des glaciers quaternaires explique, mieux que toute autre, tous les détails du phénomène erratique, et ne trouve pas même nécessaire de faire mention des objections qui, dernièrement encore, ont été faites contre cette thèse. Quant aux causes qui peuvent avoir produit cette extension prodigieuse, M. Favre adopte l'explication proposée par M. de la Rive à la réunion de la Société helvétique des Sciences naturelles à Genève en 1865, et qui revient au fond à celle que de Charpentier avait exposée dans son *Essai sur les glaciers*, 1841. Le fait que, si nous exceptons quelques localités dans les parties basses, le terrain erratique repose immédiatement sur les couches les plus récentes qui ont pris part au dernier soulèvement des Alpes, paraît favorable à l'hypothèse, admise aussi par de Buch, qu'entre ce soulèvement et la dispersion des blocs il doit y avoir une connexion causale.

En comparant la nouvelle description du Salève de M. Favre, à ce que l'on en savait jusqu'ici, l'on se confirme de nouveau dans l'idée de l'inépuisable richesse de la nature. Peu de montagnes ont été étudiées si attentivement par autant de géologues distingués. M. Favre lui-même

en avait publié, en 1843, une excellente monographie, mais, en lisant ce qu'il nous en dit aujourd'hui, l'on trouve tant d'observations nouvelles et importantes que les descriptions antérieures rentrent presque dans l'ombre. Un grand mérite, il est vrai, en revient à M. de Loriol qui, par une détermination des fossiles conforme à l'état actuel de la paléontologie, a donné à la série des terrains une précision impossible auparavant. Il ne reste de l'incertitude, faute de fossiles, que pour les grès et sables quartzeux situés à la surface méridionale de la montagne. Dans une note, l'auteur nous instruit que le terrain corallien du Salève, de même que l'oxfordien des Voirons et le valangien de M. Desor rentrent dans le terrain tithonien d'Oppel.

On pourrait facilement se laisser induire à ne voir dans les Voirons que la continuation du Salève, séparé de lui par les érosions de l'Arve, et cependant les terrains et la structure de ces montagnes sont très-différents. Après les essais de plusieurs géologues d'éclaircir par des coupes la structure des Voirons, M. Favre en donne une nouvelle qui nous prouve que cette structure est plus compliquée encore qu'on ne la supposait. La connaissance paléontologique du terrain néocomien des Voirons est due à M. Pictet qui, à cette occasion, signale la remarquable différence entre le facies alpin et jurassique de ce terrain.

Nous connaissions encore moins la géologie du Môle qui, vu des environs de Genève, se présente entre le Salève et les Voirons. La structure du massif principal de cette montagne et de son avant-poste, le Réret, est des plus embarrassantes : malgré l'examen spécial qu'il a consacré à ces montagnes et les fossiles très-carac-

téristiques qui s'y trouvent, M. Favre ne paraît pas satisfait de la coupe qu'il en donne dans l'Atlas. Il y a évidemment un renversement de couches dans la partie orientale du Réret qui touche au Môle, et M. Favre croit en voir un second, inverse, dans la partie occidentale, de manière que le néocomien se trouverait comme enveloppé par une sphère jurassique. S'il était permis de séparer les couches n de la partie occidentale de la coupe, dans lesquelles M. Favre ne signale aucun fossile, des couches néocomiennes n', remplies de fossiles, et d'en faire un terrain jurassique, l'on pourrait admettre une faille dans la partie marquée x, ce qui simplifierait la coupe.

Le deuxième volume débute par la géologie du Chablais, limité à l'est par le Rhône, à l'ouest par le Giffre, au midi par la haute chaîne de la Dent-du-Midi et du Criou au dessus de Samoëns. Malgré la monotonie sous le rapport pittoresque, dont M. Favre se plaint, et qui continue au delà du Rhône dans les vallées de la Sarine et de la Simme, ce pays offre au géologue des attraits, que l'auteur a bien réussi à mettre au grand jour. C'est d'abord l'apparition inattendue et isolée du terrain houiller à Taninge, séparé, par les larges chaînes calcaires de la Dent-du-Midi et du Buet, de la zone houillère qui traverse la Tarentaise et le Faucigny. C'est ensuite la houille kimméridienne de la vallée d'Abondance, avec ses nombreux fossiles marins déterminés par M. Merian. C'est aussi en Chablais que l'on découvrit les premiers fossiles infraliasiques dans les Alpes occidentales, ce qui nous procura un nouvel horizon géologique d'une grande valeur, et conduisit à l'introduction du trias dans la série de nos terrains alpins; et si la présence du terrain miocène inférieur que M. Heer signale dans le Val-d'Illiez se con-

firme, ce sera encore un nouvel appel à notre intérêt. N'oublions pas, enfin, la belle découverte d'une grande masse de serpentine dans la vallée du Foron, au-dessus de Taninge, isolée, au milieu de ce pays calcaire, comme l'oasis du terrain houiller au débouché du Foron. Dans le midi du Chablais l'auteur donne, sur sa carte, une grande extension au lias, en se fondant sur la présence du gypse et de la cargneule à la base et sur la superposition à l'infralias dans le nord du Chablais. L'absence de fossiles rend une détermination plus précise à peu près impossible.

Le pays montagneux qui, au sud-ouest de l'Arve, s'étend vers le lac d'Annecy et dans lequel on croirait retrouver la continuation des terrains du Chablais, en diffère presque totalement. Le lias et les terrains jurassiques n'y paraissent qu'en îlots restreints et isolés, le terrain kimméridien ne paraît plus, et ce sont les terrains crétacés et éocènes qui dominent. C'est dans le plateau qui, vers l'est, sépare l'Arve du Giffre, et dans les montagnes qui, au midi du Chablais, s'élèvent, au-dessus de Samoëns, vers la Dent-du-Midi, qu'il faut chercher le prolongement oriental de ce groupe. L'auteur réserve la description de ces parties pour d'autres chapitres et passe de suite à celle des monts Vergys, à l'ouest de Cluse, et de la Tournette, à l'est du lac d'Annecy. L'attention est d'abord dirigée vers la disposition arquée des chaînes qui entourent, comme des ondes procédant d'un centre, le massif du Mont-Blanc, disposition dont on croit retrouver encore les traces dans la forme du lac de Genève et du pays situé entre Genève et Chambéry. Une conformation analogue se retrouve dans l'est de la Suisse, de Coire à Wesen, autour du massif central de Glaris. Le flysch, pour

lequel M. Favre préfère le nom plus long de Macigno alpin, joue un grand rôle dans ce groupe. Il y est souvent associé au grès de Taviglianaz, que nous regrettons de ne pas voir désigné à part sur la carte. C'est un grès quartzeux dioritique, ce qui rend peu probable sa dépendance des mélaphyres du Tyrol ou des basaltes du Vicentin ; aussi n'en trouve-t-on pas une trace dans toute l'étendue du revers méridional des Alpes. Ne pourrait-on pas y voir plutôt le détritus de rochers sous-marins amphiboliques ou dioritiques mêlé au sable quartzeux des grès éocènes ? Au-dessous du flysch suivent, en série normale, le terrain nummulitique, les divers étages crétacés et, sur quelques points, le terrain jurassique, le lias et l'infralias, qui, en plusieurs localités, sont riches en fossiles. La principale dépression, de Cluses à Faverges, se présente en fond de bateau, les deux chaînes latérales des Vergys et de la Pointe-Percée, composées de terrains nummulitiques et crétacés, plongeant vers le fond de la vallée, qui est recouverte d'une puissante masse de flysch. Sur trois points, cependant, qui se suivent dans la direction de la serpentine de Taninge, le flysch est percé par des roches plus anciennes, qui s'élèvent en monticules, et que l'on croirait volontiers lui être superposées. Elles se composent, aux montagnes des Almes et de Sulens, de lias, d'infralias et de gypse, en position normale, au mont Maisy de terrains nummulitique et urgonien. Sur la même ligne se trouvent, au col de Châtillon et dans la vallée du Giffre, des dégagements de gaz hydrogène-carboné et des amas de gypse qui peut-être ne sont pas étrangers à cette grande dislocation qui pourrait aussi avoir mis au jour le terrain houiller à Taninge. De nombreuses coupes et des vues

pittoresques accompagnent la description détaillée de ce pays riche en faits d'un grand intérêt.

La partie orientale de ces terrains, celle qui s'étend de l'Arve au Rhône, ne présente pas moins d'attraits et les fossiles, surtout dans le nummulitique et le gault, y sont peut-être encore plus abondants. Le groupe entre l'Arve et le Giffre est classique, étant le berceau de la stratigraphie paléontologique de la Savoie et de la géologie moderne. Ce furent les fossiles des Fiz que Brongniart et Buckland reconnurent identiques avec ceux de la perte du Rhône et de Folkstone ; ce fut là que le premier de ces géologues acquit la conviction que les caractères minéralogiques des roches qui, d'après l'école de Werner, caractérisaient leur âge géologique, devaient céder leur place aux caractères paléontologiques. Ce fut dans ce même groupe que Necker fit les belles recherches stratigraphiques qu'il a publiées. Les environs de Pernant, au-dessus des escarpements élevés du calcaire urgonien de Magland, sont connus par des couches de houille nummulitiques. Sur la rive droite du Giffre, le terrain s'élève à de grandes hauteurs et prend l'aspect des hautes Alpes. Entre Samoëns et l'intéressante vallée de Sixt, nous trouvons le Criou, les Avoudruz, les Dents-Blanches et, plus à l'est, la magnifique Dent-du-Midi, chargée de glaciers. Les terrains crétacés et nummulitiques forment et couronnent la plupart de ces sommités, et fournissent de riches collections de fossiles. Le fait le plus important que M. Favre signale dans ce groupe, c'est le contournement extraordinaire des couches, qui ne s'explique guère autrement qu'en admettant le renversement d'une grande voûte, couchée sur son flanc septentrional par une pression exercée de l'intérieur des Alpes. Les coupes de l'atlas

font voir cette structure à la Dent-du-Midi, à la Vouille et à l'ouest de l'Arve, dans les monts Vergys. A l'est du Rhône, nous la connaissons dans les montagnes de Bex, au Rawyl, au Morgenberghorn, et, dans la chaîne de Brienz, elle continue jusqu'au centre de la Suisse. A la base extérieure de ce contournement affleurent des gypses, en contact avec du flysch, et indiquent une faille qui s'étend du lac d'Annecy jusqu'au passage du Brünig, et peut-être au delà.

Les difficultés augmentent pour le géologue, lorsqu'il s'approche des massifs cristallins, quoique ces parties aient été plus particulièrement étudiées par de Saussure, Necker et d'autres géologues d'un grand nom dans la science. La connaissance minéralogique et chimique des roches cristallines a fait, sans doute, de notre temps de grands progrès, mais leur origine, le mode de leur formation, reste toujours couvert d'un voile épais. Les résultats de la chimie géologique sont en grande partie négatifs, ils nous disent que des opinions avancées sur l'origine du granit et d'autres roches cristallines sont inadmissibles, et, de leur côté, les géologues trouvent que des théories enfantées dans un laboratoire ne répondent pas à ce qu'ils observent dans la grande nature.

Les terrains nummulitiques et crétacés, si facilement reconnaissables par leurs fossiles, manquent aux approches du Mont-Blanc. Les puissantes masses calcaires, superposées aux roches cristallines, ne présentent des restes organiques que sur quelques points isolés, et souvent ce n'est que par des analogies avec des localités éloignées, ou par la nature de la roche que l'on arrive à se former une opinion sur leur âge géologique. Ce n'est que pour le terrain houiller, réposant immédiatement sur

les roches cristallines, que les empreintes végétales ne nous laissent heureusement pas en doute. M. Favre a redoublé ses efforts, pour vaincre ces obstacles, et si plus tard peut-être, on trouvait qu'il n'ait pas toujours réussi, il faudra s'en prendre à l'état actuel de la science, et personne, si l'on est juste, ne l'accusera d'un manque de persévérance ou de sagacité. La moitié à peu près de son ouvrage est consacrée à la description de ces massifs et de leurs dépendances. L'on y trouve un résumé complet de ce qui a été fait avant lui, augmenté d'un grand nombre d'observations qui lui sont propres, et l'on peut affirmer sans crainte d'être démenti que, de tous les massifs dont se composent les hautes Alpes, celui du Mont-Blanc est maintenant un des mieux étudiés et dont la description laisse le moins à désirer.

Cette partie de l'ouvrage commence par la géologie du Brévent et des Aiguilles-Rouges, à laquelle se joint celle du Buet, que peut-être on s'attendait à voir plutôt réunie à celle de la base des Fiz et de la Dent-du-Midi. La cargneule, les schistes rouges et verts et le grès quarzite qui, à la base méridionale des Fiz, séparent la masse calcaire du terrain houiller et des schistes cristallins, sont regardés comme triasiques, peut-être avec raison, quoique, ni dans cette localité, ni dans tous les gîtes analogues dans les Alpes, on n'ait réussi, jusqu'à ce jour, à trouver le moindre vestige d'un fossile du trias, de l'infra-lias ou même du lias. Le fameux poudingue de Valorsine est réuni au terrain houiller. Quoi qu'il en soit, nous aurions préféré voir sur la carte une roche aussi remarquable que celle-ci indiquée par une couleur particulière; nos cartes géologiques rempliront mieux leur but, si on les rend, autant que possible, pétrographiques aussi bien que stratigraphiques.

La fin du second volume donne la géologie de Chamonix et du revers nord-ouest du Mont-Blanc. C'est le commencement de la description géologique détaillée de ce grand massif. L'auteur continue ce sujet dans le troisième volume, en faisant le tour de la montagne par la vallée de Mont-Joie, le col du Bon-Homme, Cormayeur et Val-Ferret jusqu'à Martigny, et en s'élevant sur tous les points accessibles assez haut, pour constater les faits géologiques remarquables. Sans perdre de vue l'objet principal, M. Favre ne néglige pas de nous donner sur les environs des localités visitées, sur Saint-Gervais, les Chapius, Cormayeur, Orsières, Martigny, tous les renseignements que le géologue peut désirer.

En terminant cet examen soigneux des roches et de la structure du Mont-Blanc, l'auteur est naturellement conduit à se poser la question délicate de l'origine de la structure en éventail des massifs granitiques alpins, car c'est au Mont-Blanc que cette structure a été signalée pour la première fois par de Saussure. En passant en revue les idées proposées par de Saussure, Dolomieu, Necker, de Buch, Rogers, l'auteur s'arrête à celle que, dernièrement, M. Lory a publiée, comme à la seule admissible. D'après M. Lory, les massifs en éventail sont les faibles restes de voûtes gigantesques, dont les parties supérieures ont été détruites par des fractures, causées par leur soulèvement et leur tension, et par l'érosion postérieure, de même que cela se voit ordinairement dans les chaînes calcaires du Jura. L'écorce terrestre, si j'entends bien M. Lory, fut plissée par contraction ou par des pressions latérales exercées sur elle, et ses couches, d'origine horizontales, se soulevèrent et formèrent des voûtes;

mais les couches les plus inférieures, schisteuses et granitiques, forcées de sortir par une crevasse trop étroite, et gênées par les voûtes supérieures déjà consolidées, s'épandirent sur celles-ci, en formant leur voûte, de manière que leurs parties inférieures, les seules qui n'ont pas été détruites, s'inclinent vers l'intérieur de la crevasse. Le fait, cependant, que les strates cristallines sont verticales, là même où le soulèvement a été très-peu énergique, et que jamais on ne les voit en voûtes fermées, comme les terrains anciens le sont souvent dans le Jura, que les couches de sédiment reposent horizontalement sur ces strates verticales et ont été, comme le démontre leur position aux Aiguilles-Rouges, déposées avant le soulèvement; ces faits ne paraissent guère pouvoir s'accorder avec la théorie proposée. M. Favre, du reste, juge très-bien que la décision entre cette théorie et une autre assez analogue, qui fait sortir les granits de l'intérieur à l'état pâteux, dépend surtout de la manière d'envisager la stratification de la protogine, ce qui formait déjà, il y a près d'un siècle, un sujet de discussion entre de Saussure et le père Pini. MM. Lory et Favre, d'accord avec de Saussure et d'autres grandes autorités, regardent les strates de la protogine comme de véritables couches, horizontales à l'origine, tandis que les partisans de l'autre théorie voient dans cette stratification un effet de division en plaques, pareille à celle qu'on voit quelquefois dans les porphyres, analogue à l'espèce de clivage qui, par un effet de mouvement sous une grande pression latérale, se produit dans les glaciers et dans les courants de lave. Les filons de granit à Valorsine, au glacier de Trient, au revers méridional de la Dent-de-Morcles, où ils traversent le calcaire, au glacier de l'Aar et ailleurs, d'un gra-

nit qui ne paraît pas être différent de la protogine, sont plutôt favorables à cette dernière manière de voir. Du reste, les coupes de l'Oberland bernois, dans lesquelles on voit des gneis à stratification verticale ou fortement inclinés recouvrir des couches horizontales de calcaire (*Bulletin géologique*, 1re série, II, 2de série, IV) semblent trancher la question. Il est impossible que l'on voie dans ces strates du gneis, qui ne commencent à être distinctes qu'à quelques pieds au-dessus de la surface calcaire, de véritables couches.

L'auteur passe ensuite à la description du pays granitique de Beaufort, séparé par le col de Bon-Homme du massif du Mont-Blanc et formant le commencement des Alpes cristallines occidentales et, en dépassant les limites de sa carte, il ajoute un grand nombre d'observations précieuses sur la plus grande partie de la Tarentaise et sur plusieurs localités de la Maurienne.

L'ouvrage se termine par une revue générale de tous les terrains, dont l'auteur s'est occupé. C'est un résumé de géologie alpine, dont le mérite sera justement apprécié par tous les géologues. En commençant par le granit, M. Favre reconnaît la justesse des objections récentes contre son origine ignée et explique la formation de cette roche par la décomposition des laves souterraines par l'eau et une nouvelle cristallisation. En d'autres termes, cela revient à admettre que les éléments primitifs du granit se trouvent à l'état liquide sous l'écorce solide, et que dans sa formation l'eau a joué un grand rôle. Par la même théorie, en faisant baisser la température de l'eau et les dépôts se stratifiant, l'auteur explique, en rejetant l'hypothèse du métamorphisme, l'origine des schistes cristallins et argileux. Un catalogue de tous les

minéraux trouvés jusqu'ici au Mont-Blanc et dans ses environs, termine ce chapitre. La majeure partie de ce résumé est consacrée au terrain carbonifère. L'auteur qui, dans les longues discussions sur le terrain anthracifère des Alpes occidentales, a toujours soutenu la thèse qui enfin a triomphé, donne toute l'histoire de cet épisode remarquable de la géologie des Alpes. Nous y trouvons aussi le catalogue de tous les végétaux fossiles que l'on connaît en Savoie et en Dauphiné dans ce terrain. Le terrain triasique, qui est dépourvu de fossiles, se compose, de bas en haut, de grès quarzite, de schiste argileux rouge et vert, de cargneule et de gypse associés à des schistes gris et noirs lustrés. Dans sa carte de la Savoie, M. Favre avait réuni ces schistes gris lustrés, qui forment la masse la plus puissante des Alpes centrales, au lias; depuis, il s'est rangé à l'opinion de M. Lory, qui les regarde comme triasiques. Cependant, de ce qu'au Mont-Genèvre une partie de ces schistes gris se trouve entre le terrain houiller et l'infra-lias, il ne paraît pas découler nécessairement qu'ils appartiennent au trias, et encore moins que tous les autres schistes gris de nos Alpes centrales soient du même âge et dans la même position, ce qui, pour beaucoup d'eux, est très-peu probable. L'infra-lias est représenté par un nombre considérable de fossiles, mais dont aucun, excepté ceux de la Maurienne, n'appartient aux chaînes intérieures, les plus proches des roches cristallines. Le même fait se rencontre dans la liste des fossiles du lias. Les plus nombreux sont ceux de Bex, de Meillerie, du Grammont, du Môle, de la Pointe-d'Orchez, et il n'y a que ceux des cols de la Madeleine et des Encombres et ceux, encore douteux, du mont Chemin, au-dessus de Martigny, qui fassent excep-

tion. Dans les chaînes intérieures de la Savoie, les fossiles les plus anciens, au-dessus du terrain houiller, appartiennent aux terrains jurassiques inférieurs et moyens, et proviennent du Buet et des crêtes voisines, ainsi que des Aravis. Dans les chaînes extérieures, les terrains jurassiques inférieurs, moyens et supérieurs sont bien représentés, de même que les terrains plus récents, le crétacé et le nummulitique. De tous ces terrains, l'auteur donne des listes très-riches de fossiles. Le terrain du flysch ou du calcaire et schiste à fucoïdes occupe entre l'Arve et l'Aar deux positions différentes. Dans les vallées et sur les chaînes extérieures, auxquelles les terrains crétacés et nummulitiques manquent, le flysch, que l'auteur désigne sous le nom de schiste à fucoïdes, repose immédiatement sur le terrain jurassique. Plus à l'intérieur, à l'ouest de l'Arve et à l'est de l'Aar, où les terrains crétacés et nummulitiques sont très-développés, le flysch repose sur le nummulitique, et l'auteur le nomme Macigno alpin. Dans les deux positions il n'est recouvert par aucun terrain plus récent, il est composé des mêmes roches et renferme les mêmes fucoïdes, à l'exclusion de tout autre fossile. Il n'y a donc, jusqu'à nouvel ordre, si nous ne nous trompons, pas de raison suffisante pour faire une distinction entre ces terrains à fucoïdes, comme l'auteur paraît l'admettre, et comme nous l'avions nous-même proposé dans l'un de nos premiers ouvrages (*Alpes suisses occidentales,* 1834). Et quand même on se priverait du seul caractère paléontologique, qui nous reste, en regardant les fucoïdes comme trop peu caractérisés, ou que l'on découvrirait en d'autres pays un terrain analogue, renfermant les mêmes fucoïdes, dans une autre position stratigraphique, cela ne changerait pas

la classification, si l'on n'arrivait à prouver l'identité de ce schiste à fucoïdes d'un âge différent avec l'un ou l'autre de nos Alpes occidentales. L'indication des plantes miocènes, signalées par M. Heer au Val-d'Illiez, des fossiles d'eau douce et terrestres de la mollasse aux environs de Genève, la récapitulation des principaux faits de l'époque quaternaire et des réflexions de géologie générale terminent le troisième volume de cet ouvrage remarquable duquel rejaillit un grand honneur sur son auteur, sur Genève et sur la Suisse.

Nous pouvons ajouter que tous les soins ont été apportés à l'exécution matérielle de l'ouvrage. Le texte sort des presses de MM. Ramboz et Schuchardt et l'atlas des ateliers de MM. Pilet et Cougnard.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

William P. Blake. Les glaciers de l'Alaska, Amérique russe[1]. (*Silliman Journal*, juillet 1867.)

En approchant de la côte nord-ouest de l'Amérique, la chaîne de montagnes de l'intérieur présente un caractère alpin et élevé. Les arêtes sont dentelées et aiguës, et s'élèvent en forme d'aiguilles, dont le contour, en se détachant sur le ciel, forme un contraste frappant avec les pentes douces du cône tronqué d'Edgecombe, beau volcan éteint, qui marque l'entrée du prot de Sitka.

Les pics rocheux de l'intérieur s'élèvent au-dessus de vastes champs de neige, qui donnent naissance à une foule de glaciers, tandis qu'Edgecombe, et les montagnes de la côte sont en grande partie couvertes d'une forêt épaisse de sapins et de pins. On ne trouve pas de glaciers sur la côte à Sitka, ni plus au sud, parce que sous l'influence des courants chauds du Pacifique, le climat est comparativement doux, tandis qu'à une petite distance à l'intérieur les hivers ressemblent presque à ceux des régions arctiques.

Le principal courant d'eau, dans le voisinage de Sitka, est le Stickeen, qui prend sa source dans les montagnes Bleues, à la même hauteur que le Mackensie, mais sur l'autre revers. La direction du Stickeen est généralement celle du sud-est, c'est-à-dire parallèle à la côte, jusqu'à ce qu'il s'échappe à travers les montagnes situées à l'est, et un peu au nord de Sitka. Lorsque les neiges fondent, la rivière devient très-gonflée, et elle est alors navigable pour les petits bateaux à

[1] Ces observations ont été faites en 1863.

vapeur, mais non sans difficultés, sur une longueur de cent vingt-cinq milles au-dessus de son embouchure. La vallée est, en général, étroite et les terrains d'alluvion qui la bordent n'ont pas une grande étendue.

En remontant cette rivière, on voit apparaître les glaciers les uns après les autres : tous sont situés sur la rive droite du fleuve, et descendent des pentes intérieures des montagnes. Quatre grands glaciers et plusieurs petits sont visibles à la distance de soixante ou soixante-dix milles de l'embouchure. Le premier glacier que l'on observe remplit une gorge rocheuse très-rapide, à environ deux milles de la rivière, et ressemble à une énorme cascade. Il agit énergiquement sur la montagne en la rongeant, car il est dominé par des parois de rochers fraîchement usées et ravivées, évidemment par l'action du glacier. Le second glacier est beaucoup plus grand et moins incliné. Il descend majestueusement jusque dans la vallée par une ouverture entre de hautes montagnes, et son lieu d'origine n'est pas visible. Il se termine au niveau de la rivière en une masse irrégulière de glace, d'un mille à deux milles de long, et de cent cinquante pieds de haut. Deux moraines terminales ou plus le protégent contre l'action directe du fleuve. Ce qui au premier coup d'œil paraît être une rangée de collines ordinaires le long de la rivière, est, en réalité, une moraine terminale ancienne, ayant la forme d'un croissant, et couverte d'une forêt. Elle s'étend devant tout le front du glacier.

J'extrais de mes notes la description suivante de l'extrémité de ce glacier. Nous trouvâmes le rivage composé de grands blocs angulaires de granit, mêlés de plus petits fragments et de sable. C'est une moraine extérieure et plus ancienne, séparée de la seconde par un espace marécageux, couvert d'aulnes et d'herbe, et coupé de mares d'eau. Après avoir traversé cet espace déprimé, nous gravîmes les débris granitiques détachés de la moraine supérieure, qui est tout à fait dépourvue de végétation et a l'apparence d'une forma-

tion plus récente. Ces élévations ont de vingt à quarante pieds de haut, et forment une ligne continue parallèle à l'ancienne moraine extérieure. Depuis leurs sommets, nous voyions librement les parois de glace situés à l'extrémité du glacier, s'élevant devant nous comme un mur, mais séparées de la moraine par une seconde ligne de marécages. Là, cependant, il n'y avait pas de plantes ou d'arbres: c'était une scène de désolation complète. De grands blocs de granit étaient entassés confusément au milieu d'éminences de sable ou de cônes; ailleurs ils étaient perchés sur d'étroites colonnes de glace, paraissant prêtes à se briser au premier attouchement. On pouvait distinguer les arêtes des grandes masses de glace autour des mares d'eau; mais la plus grande partie de la surface était cachée par un dépôt de boue, de gravier et de roc brisé. Il était évident, cependant, que le tout reposait sur un sol de glace, car çà et là on la voyait apparaître en grandes masses soulevées, laissant entre elles des crevasses remplies de boue et d'eau. Au-dessus de ce passage effrayant et dangereux, nous parvînmes à la pente de glace, comparativement unie, située au pied de la masse, et ensuite nous ne quittâmes plus la neige ou la glace, en cherchant à atteindre le sommet du glacier. D'en bas, il nous avait semblé tout à fait possible d'y parvenir, en suivant la partie la moins disloquée de la pente: mais nous vîmes que cela était impossible. Nous rencontrâmes de grandes fissures qui n'étaient pas même visibles à une petite distance, et dont quelques-unes étaient si larges, que nous devions nous détourner. A mesure que nous montions, les crevasses devenaient plus nombreuses, mais elles étaient en général remplies de neige dure, sur laquelle nous nous hasardâmes quelquefois. La surface se rompait plus loin en blocs irréguliers, ayant la forme d'escaliers, dont les marches étaient si élevées que nous ne pouvions les escalader sans échelles ou sans hache pour tailler des marches. Là, nous nous retournâmes pour admirer la vue de cette grande étendue de glace, brisée

et disloquée en pyramides énormes. Le soleil illuminait les crevasses des plus belles teintes d'aigue-marine, passant au bleu de mer foncé, là où elles étaient étroites et profondes. D'un côté, la glace présentait l'apparence remarquable d'une succession de cônes ou pyramides à faces arrondies. Dans la direction opposée, et à la même hauteur, les lignes extérieures étaient tout à fait différentes, ne présentant qu'une série de terrasses ou de marches inclinées intérieurement vers le glacier, et brisées par des crevasses longitudinales. . . . .

Il est évident que ce glacier se rompt en une série de grands escaliers sur presque toute sa partie frontale. Ces marches s'élèvent de vingt à trente pieds, les unes au-dessus des autres, tandis que de nombreuses fissures parallèles à angles droits brisent la surface en blocs rectangulaires, qui s'amincissent en forme de cônes et de pyramides du côté exposé aux rayons du soleil. C'est ainsi que s'explique la différence d'aspect que présentent les deux directions opposées.

J'étais disposé à attribuer à la fusion dans l'eau de la rivière, cette rupture abrupte de l'extrémité du glacier. Il peut, cependant, y avoir dans cette partie-là un abaissement subit dans les roches sur lesquels le glacier repose, de manière à produire une cascade de glace.

Un ou plusieurs courants d'eau descendent sous le glacier et atteignent la rivière à différentes places. Le bruit de l'eau s'élançant et grondant retentissait fortement près de quelques crevasses.

En jugeant d'après la quantité de blocs détachés qu'on trouve au pied du glacier, la surface supérieure doit en être couverte, mais la chose n'a pu être vérifiée par l'observation. Le temps ne nous permit pas d'étendre davantage nos investigations. Il ne serait sans doute pas difficile d'atteindre la surface du glacier par le côté, et peut-être par d'autres points le long de la partie frontale; mais il nous fut impossible

de décider notre guide à nous accompagner, à cause d'une tradition des Indiens relative à la mort d'un de leurs chefs sur ce glacier.

L'existence de l'ancienne moraine terminale de ce glacier montre que le climat s'est adouci. Il est aussi intéressant de remarquer l'effet que cette accumulation de débris sur le glacier a eu sur la rivière. Ils ont agi comme une digue pour les eaux, les refoulant dans la vallée pendant un certain espace.

Il ne sera pas sans intérêt de joindre ici les notes suivantes sur l'existence de grands corps de glace, des glaciers, sans aucun doute, dans les parties les plus septentrionales de l'Amérique russe.

D'après Sir Edward Belcher[1], les rives de la Baie de Glace au pied du mont St-Elie, latitude 60°, sont bordés de glaciers. On a trouvé que l'ensemble de cette baie et la vallée située au-dessus sont composés (en apparence) de neige glacée, formant sur la mer une paroi d'environ trente pieds de hauteur, et reposant probablement sur un banc de boue plus bas. Au cap Suckling, sous la même latitude et à l'ouest de la Baie de Glace, le même voyageur a observé une vaste masse de glace s'inclinant vers la mer, dont la surface présentait l'aspect singulier d'une masse de pyramides tronquées à quatre faces. Il ne pouvait s'expliquer ce phénomène, et ajoutait : « Qu'est-ce qui peut produire ces formes spéciales ? Si quelqu'un pouvait se représenter placé sur une éminence située à cinq cents pieds au-dessus d'une ville composée de maisons pyramidales d'une blancheur de neige, avec des toits plats, couleur de fumée, couvrant plusieurs milles carrés de surface, et s'élevant monticules sur monticules en escaliers, il pourrait se former une idée de ce magnifique jeu de la nature. »

De grandes masses de glace se terminant en falaises sur la

[1] *Voyage du Sulphur*, I, 78-80.

mer sont fréquentes dans le Sund du Prince William ; Vancouver[1] entendit la chute de grands blocs de glace.

Une masse de glace compacte s'étendait à quelque distance sur les bords d'un bras du Stephens-Passage (au nord-ouest de Sitka) lors de la visite de Vancouver, et d'immenses corps de glace sortant des vallées escarpées des montagnes d'alentour arrivaient perpendiculairement jusqu'à la mer, en sorte que les bateaux ne pouvaient aborder. On a fait, en général, des observations pareilles sur les montagnes de la côte opposée à l'île de l'Amirauté. Deux grandes baies, ouvertes au nord et à l'ouest du cap Couverdeen, sont terminées par des montagnes de glace solide, s'élevant perpendiculairement au bord de l'eau.

De ces différentes observations, nous pouvons conclure que la région montagneuse de l'Amérique russe et anglaise, depuis la latitude 55° jusqu'à la mer polaire, est couverte de glaciers, usant et rongeant les montagnes à mesure qu'ils descendent, et charriant des accumulations de débris rocheux, soit dans l'Océan, soit dans les rivières intérieures.

P. François Denza. Sur les valeurs de l'électricité et de l'ozone, observés a Moncalieri a l'époque du choléra. (*Bulletin météorologique de l'Observatoire du Collége royal Charles-Albert*, vol. II, n. 10.)

L'action que l'ozone exerce sur l'organisme animal comme agent météorologique est encore passablement contredite parmi les savants. Maintes observations et maints travaux ont été faits jusqu'à présent pour découvrir la relation qui peut exister entre la présence de cet élément dans l'atmosphère et quelques maladies prédominantes telles que les fièvres intermittentes, la grippe, le choléra, etc. MM. Bil-

[1] Les *Voyages de Vancouver*, III, 185 (1794).

liard à Corbigny, Schœnlein à Berlin, Wolf à Berne, Bœckel à Strasbourg, Berigny à Versailles, et Silbermann à Paris, entre autres, ont constaté que l'ozone manquait entièrement dans l'atmosphère durant le temps où le choléra sévissait dans les villes où ils faisaient leurs observations, et qu'il reparaissait de nouveau à fur et mesure que la maladie décroissait.

Comme l'électricité atmosphérique doit avoir une étroite liaison avec l'ozone, et une influence certainement plus grande sur les phénomènes vitaux, il est important, de rechercher quelle liaison il peut y avoir entre cet élément météorique et les diverses phases de l'hygiène publique. De sérieuses études ont été faites dans ce but, et l'on a même fait remarquer l'absence totale ou partielle du fluide électrique dans l'atmosphère à l'approche du choléra.

Toutefois des observations faites ailleurs, particulièrement dans ces dernières années, ont donné des résultats tout à fait contraires : on a trouvé de l'ozone et de l'électricité en quantité suffisante même dans les lieux où le choléra était plus intense et plus meurtrier. De là surgit la nécessité de multiplier les observations dans de pareils cas, pour pouvoir déterminer nettement les corrélations que nous recherchons, et qui, il faut l'avouer, sont assez délicates et assez difficiles à découvrir. Dans ce but nous avons continué attentivement nos observations électriques et ozonoscopiques durant les mois passés où la funeste épidémie parcourait toutes les contrées d'Italie ; nous pouvions le faire aisément, parce que dans notre Observatoire on examine l'électricité atmosphérique toutes les trois heures, depuis 6 heures du matin jusqu'à 9 heures du soir, et l'on observe l'ozone à des périodes de 12, de 6, de 3 heures.

Par bonheur, non pour nos observations, mais pour la santé publique, le choléra ne se fit sentir que très-peu à Moncalieri, tandis que dans les environs, et surtout à Turin, il prit de l'intensité vers la fin d'août et le commencement de

septembre. Or, en examinant les valeurs de l'électricité et de l'ozone, obtenues pendant ces jours, nous avons été surpris de voir que l'électricité manquait presque entièrement, contrairement à ce qui avait lieu pour l'ozone.

Pour que l'on puisse se former une juste idée de la marche de ces deux éléments durant ce temps, nous donnons ici un tableau contenant les valeurs moyennes obtenues pour l'électricité et pour l'ozone dans la dernière décade du mois d'août et la première du mois de septembre. Les valeurs moyennes de l'électricité sont déduites des observations faites de trois en trois heures; pour l'ozone nous avons jugé convenable d'indiquer les valeurs moyennes résultant des observations faites aux périodes de trois et de six heures.

Valeurs moyennes de l'électricité et de l'ozone, observées à Moncalieri depuis le 21 août jusqu'au 10 septembre 1867.

AOUT.				SEPTEMBRE.			
Jours.	Électricité.	Ozone.		Jours.	Électricité.	Ozone.	
	3 h.	3 h.	6 h.		3 h.	3 h.	6 h.
21	8,1	2,8	3,5	1	0,5	2,3	4,1
22	5,0	3,5	5,3	2	1,6	2,1	3,3
23	21,8	4,8	6,0	3	2,2	2,7	3,9
24	9,1	4,9	5,3	4	0,0	3,4	4,7
25	0,1	3,2	4,5	5	0,1	3,2	4,8
26	0,0	4,3	5,3	6	0,1	3,0	4,3
27	13,4	4,5	5,8	7	5,2	2,6	4,5
28	18,7	5,1	5,9	8	7,0	3,3	5,2
29	0,1	2,6	4,0	9	9,2	1,5	4,1
30	0,0	1,0	3,8	10	9,0	2,8	5,2
31	0,3	2,9	3,5				

D'après ce tableau il est manifeste :

1° Que l'électricité a manqué entièrement ou presque entièrement du 25 août au 6 septembre (jours à peu près où

le choléra eut plus de force à Turin). Depuis ce jour elle reprit sa marche régulière. Les valeurs trop fortes du 27 et 28 août doivent être attribuées aux orages qui eurent lieu ces deux jours.

2° Que l'ozone a diminué aussi depuis le 28, mais d'une manière beaucoup moins sensible et beaucoup plus incertaine; il ne s'est élevé de nouveau que dans la 2me décade de septembre, comme il résulte des observations, faites alors, mais que nous avons cru inutile de rapporter ici.

Donc, quoique l'observatoire de Moncalieri soit situé à huit kilomètres de Turin, les conditions électriques de l'atmosphère se sont ressenties de la maladie qui dominait dans cette ville, et cela beaucoup plus que les conditions ozonoscopiques: le défaut de fluide électrique ne saurait être attribué à d'autres causes, car les autres circonstances atmosphériques n'offraient rien de particulier durant les jours dont nous parlons. Quoique dans les conditions normales de l'atmosphère il ne manque pas de cas où l'électricité fasse entièrement défaut, néanmoins cela n'arrive que d'une manière passagère et jamais avec autant de persistance que dans les jours cités plus haut. Quant à l'ozone, nous ne devons pas dissimuler que nous l'avons observé dans des circonstances peu propices, non-seulement parce que les papiers ozonométriques étaient exposées à une trop grande distance de Turin, mais encore parce qu'ils se trouvaient à une hauteur considérable: en effet, les observations de Bœckel et d'autres ont montré que l'ozone, en général, se produit avec d'autant plus de persistance que le point d'observation s'élève au-dessus du sol.

Nous avons seulement voulu simplement rapporter le fait observé; il nous parut digne d'attention et l'on pourra le rapprocher de tous ceux que des observateurs habiles en cette matière nous ont fournis; nous n'en abordons pas la discussion, d'autant plus que nous ne sommes pas encore trop persuadés, soit de l'exactitude du mode d'observation

de l'ozone, soit des nombreuses propriétés que l'on attribue à cet élément qui a été jugé avant d'être bien connu.

CHIMIE.

F. Ullik. Untersuchungen, etc. Recherches sur l'acide molybdique et ses sels. (*Annalen der Chemie und Pharm.*, tome CXLIV, p. 204.)

Les *Annalen der Chemie* de novembre et de décembre 1867 nous ont apporté un mémoire étendu, riche en faits nouveaux, quoique encore assez incomplet sur plusieurs points, consacré aux sels que forme l'acide molybdique en se combinant avec les bases. J'ai publié moi-même dans ce recueil [1] deux travaux sur les principaux molybdates et, en particulier, sur les sels neutres et les sels $^7/_3$ acides. Dans ce que nos recherches ont eu de commun, M. Ullik, tout comme M. Rammelsberg antérieurement, confirme les résultats auxquels j'étais arrivé: il n'y a désaccord que sur un point seulement dont je parlerai plus bas. Je ne m'arrêterai donc pas à cette partie de son travail, me contentant de résumer ce qu'il contient de nouveau.

Les molybdates unibases se rapportent aux 6 formules générales suivantes:

RO, MoO^3	$RO, 3MoO^3$
$RO, 2MoO^3$	$RO, 4MoO^3$
$3RO, 7MoO^3$	$RO, 8MoO^3$

1° *Molybdates neutres.* Svanberg et Struve avaient admis une demi-molécule d'eau dans le sel de potasse; M. Ullik a trouvé dans ses cristaux que la proportion d'eau, variable d'ailleurs, s'élevait à peine à un quart de molécule, et il en conclut qu'elle n'était qu'interposée: sa formule pour le molybdate neutre de potasse est en équivalents KO, MoO^3.

[1] Voyez *Archives,* 1865, tome XXIII, et 1867, tome XXX.

L'hydrate à cinq molécules d'eau que j'ai décrit, ne serait selon l'auteur qu'un sel double $2NaO, KO, 3MoO^3 + 14$ aq. Il l'a préparé dans des conditions assez différentes telles que l'addition de carbonate de soude au tri-molybdate de potasse, l'addition de carbonate de potasse au tri-molybdate de soude, la dissolution d'acide dans une lessive de potasse falsifiée avec de la soude. Le produit obtenu par l'un ou l'autre de ces procédés cristallise en prismes hexagonaux réguliers offrant les mêmes combinaisons que ceux dont j'ai donné les angles d'après M. Marignac[1].

2° *Bi-molybdates.* L'étude du sel de soude a fourni l'occasion d'une observation assez intéressante : lorsqu'on fond du nitrate de soude avec son équivalent d'acide molybdique, on ne parvient à chasser que la moitié de l'acide nitrique, en sorte que le résidu consiste en nitrate et en bi-molybdate. Le même fait se présente avec le nitrate de potasse. Il en résulte donc une analogie de plus entre l'acide sulfurique et l'acide molybdique.

3° *Molybdates $^7/_3$ acides.* Nous passerons sous silence

[1] Je n'ai certainement aucune prétention à ne pas commettre d'erreurs, mais dans le cas présent, je dois dire que je ne suis pas tombé dans celle que m'attribue M. Ullik.

Le composé $K^2O, MoO^3 + 5$ aq., obtenu dans deux opérations différentes, avait été préparé avec des matériaux purs et, en particulier, avec du carbonate de potasse exempt de soude.

Pour plus de certitude, comme il me restait encore quelques cristaux de ce molybdate, j'ai transformé leur base en un perchlorate qui n'a pas cédé à l'alcool la moindre parcelle de perchlorate de soude et possédait toutes les propriétés de celui de potasse.

M. Ullik dit également, en parlant du même sel, que je me suis borné à en doser l'eau, et il part de là pour montrer combien est insuffisante une simple détermination de l'eau de cristallisation quand on veut établir la formule d'un sel. Le chimiste dont je parle n'a, sans doute, pas pris garde à la phrase de mon mémoire où il est dit expressément que je me suis assuré de la neutralité du molybdate en question, par une fusion avec du carbonate de soude, — phrase qui rend ses observations superflues en ce qui me concerne.

ceux de potasse, de soude et d'ammoniaque dont l'histoire est bien connue. Celui de magnésie $3\,MgO,\,7\,Mo\,O^3 + 20$ aq. prend naissance quand on traite le sel neutre par la quantité calculée d'acide nitrique. Il cristallise en petits prismes tabulaires, transparents, solubles dans l'eau froide ou chaude.

4° *Tri-molybdates.* La couleur exceptée, les sels de ce groupe offrent tous le même aspect qui est celui de choux-fleurs à structure fibro-radiée. Peu solubles dans l'eau froide, ils se dissolvent bien plus facilement dans ce liquide bouillant. Ils prennent toujours naissance quand on fait bouillir les carbonates avec une quantité d'acide molybdique telle qu'il en reste une portion notable non dissoute; la liqueur filtrée et évaporée lentement, laisse cristalliser, en premier lieu, le tri-molybdate de la base employée. On les obtient encore en traitant avec précaution, par un acide, les sels moins riches en acide molybdique. Presque tous les traités de chimie annoncent que, dans les dissolutions des molybdates, les acides déterminent la production d'un précipité d'acide molybdique soluble dans un excès de réactif. M. Ullik s'est assuré que ce précipité n'est jamais autre chose qu'un sel très-acide.

Le *tri-molybdate de soude* est susceptible de cristalliser avec deux proportions d'eau différentes. Le premier hydrate renferme sept molécules d'eau, il a déjà été décrit par Svanberg et Struve, sa solubilité croît d'une manière très-rapide avec la température; en effet, M. Ullik a trouvé que 100 parties d'eau dissolvent 3,88 parties de sel à +20° et 137 parties à 100°. En se plaçant dans des conditions telles que la dissolution de ce molybdate s'évapore rapidement dans une atmosphère sèche, on obtient une masse gommeuse, fragile, transparente, amorphe, très-soluble dans l'eau froide et qui ne renferme que quatre molécules d'eau.

Le *tri-molybdate de magnésie* renferme dix molécules d'eau; il se prépare en traitant le sel neutre par l'acide acétique en excès et faisant évaporer.

Le sel de chaux cristallise avec six molécules d'eau, ceux de cobalt et de zinc avec dix, celui de cuivre avec neuf et avec six et demi.

5° *Quadri-molybdates.* Les liqueurs qui fournissent les tri-molybdates (voyez ci-dessus) par l'évaporation spontanée renferment en réalité des quadri-molybdates, mais ceux-ci se décomposent par la concentration. On peut cependant les obtenir en évaporant d'une manière très-rapide, leur dissolution concentrée; le résultat de cette opération consiste en une masse amorphe, transparente, fragile, qui se dissout aisément dans l'eau froide ou chaude.

Le *quadri-molybdate de soude*, $Na^2O, 4MoO^3 + 5\,^1/_2$ aq., exposé longtemps à l'air perd sa transparence en se décomposant, mais il se conserve intact dans un vase clos. Il n'est pas incolore ordinairement; par suite d'une réduction partielle de l'acide, il prend une couleur un peu verdâtre ou bleuâtre. Quand on le chauffe, il perd son eau, devient semblable à de l'émail blanc, puis fond, au-dessous du rouge, en un verre jaune que le refroidissement fait prendre en une masse fibro-cristalline.

La décomposstion spontanée de la dissolution du quadri-molybdate de soude paraît s'effectuer dans quelques cas par un dédoublement du sel en tri- et en quinti-molybdate.

M. Ullik a obtenu une fois un hydrate à 6 aq. du sel qui nous occupe dans les eaux-mères de l'octo-molybdate de soude. Le même hydrate prend encore naissance dans le traitement du sel neutre par la quantité calculée d'acide chlorhydrique. Le quadri-molybdate $Na^2O, 4\,MoO^3 + 6$ aq., forme des croûtes brillantes qui sont formées par l'agrégation de très-petits cristaux difficilement solubles dans l'eau froide mais très-solubles dans l'eau bouillante.

Le *quadri-molybdate de chaux* est une masse amorphe brunâtre, transparente, renfermant neuf molécules d'eau. Le sel de *zinc* est semblable au précédent, mais il ne contient que huit molécules d'eau.

L'étude du sel de soude montre, pense l'auteur, que les quadri-molybdates sont susceptibles d'effectuer deux modifications, l'une amorphe, facilement soluble à froid et l'autre cristalline, peu soluble dans l'eau froide. Je ferai remarquer, toutefois, que les deux modifications de M. Ullik ne renfermaient pas la même quantité d'eau, ce qui peut à la rigueur expliquer leur différence de solubilité.

Acide molybdique soluble. L'auteur prépare l'acide molybdique dans son état soluble, en décomposant le molybdate de baryte par l'acide sulfurique. Le sel de baryte doit être précipité en ajoutant du chlorure de baryum à une dissolution bouillante de molybdate ordinaire d'ammoniaque ou de quadri-molybdate de soude [1]. Il faut également calculer d'une manière exacte la quantité d'acide sulfurique à employer pour la décomposition.

La liqueur filtrée est presque incolore, sa saveur est fortement acide et métallique, elle ne précipite ni par l'acide sulfurique, ni par l'acide chlorhydrique, ni par le chlorure de baryum. Quand on la concentre, elle se colore d'abord en jaune, en vert, puis en bleu, et finit par donner, si on l'abandonne sur de l'acide sulfurique, une masse solide, amorphe, bleue, transparente, fendillée, qui se détache facilement des parois de la capsule. L'acide molybdique soluble est rapidement réduit par les matières organiques sous l'influence de la lumière solaire.

La masse solide qui vient d'être décrite, se redissout assez facilement dans l'eau froide, si on effectue cette dissolution peu de temps après avoir préparé l'acide; dans le cas contraire, il faut chauffer doucement.

La dissolution d'acide molybdique se modifie quand on l'évapore au bain-marie, et donne alors un abondant pré-

[1] L'auteur ne dit pas s'il s'est assuré, comme MM. Svanberg et Struve l'ont annoncé, si son molybdate de baryte retenait du molybdate alcalin, ce qui aurait, sans doute, quelque influence sur la solubilité de l'acide molybdique.

cipité blanc qui est probablement un hydrate peu soluble.

L'acide solide perd longtemps de l'eau sous l'influence de la chaleur : au rouge-naissant, la déshydratation est totale.

Octo-molybdates. On les obtient facilement en traitant les sels des séries précédentes par les acides forts. Ils sont solubles, cristallisables : le cyanoferrure de potassium les précipite en brun-rouge, tandis qu'il n'a pas d'action sur les molybdates moins acides. Tous les octo-molybdates, étudiés par l'auteur, affectent la forme de prismes obliques à quatre pans terminés par une base, sans modifications.

L'*octo-molybdate de soude*, $Na^2O.8MoO^3+17$ aq., a été préparé en traitant huit molécules du sel neutre par sept molécules d'acide chlorhydrique et laissant évaporer spontanément. Les cristaux peuvent atteindre jusqu'à un demi-pouce de longueur : petits, ils sont transparents, plus grands, ils prennent un éclat un peu gras. Ils sont efflorescents à l'air et finissent par prendre l'apparence de l'acide stéarique fondu.

Facilement soluble dans l'eau, même froide, ce sel peut cristalliser de nouveau sans altération : il se comporte au feu comme tous les molybdates acides.

L'*octo-molybdate de potasse*, $K^2O.8MoO^3+13$ aq., s'est formé quand M. Ullik a ajouté du tri-molybdate de potasse à de l'acide molybdique soluble. Le tri-sel se dissout bien dans l'acide jusqu'à un certain moment où il se forme instantanément un abondant dépôt cristallin qui se redissout quand on chauffe la liqueur et cristallise de nouveau par le refroidissement. Ce corps est décomposé par l'eau.

L'octo-molybdate de magnésie forme de petits cristaux nets, éclatants, qui renferment vingt molécules d'eau, s'effleurissent à l'air, se dissolvent bien dans l'eau froide, fondent au rouge naissant et perdent ensuite une partie de leur acide qui se vaporise.

L'octo-molybdate de baryte cristallise avec dix-huit molécules d'eau. Il prend naissance, quand on ajoute du carbonate de baryte à de l'acide molybdique soluble aussi longtemps qu'il

s'en dissout; par l'évaporation il se dépose de petits prismes obliques, insolubles dans l'eau froide et décomposables par l'eau chaude.

Le sel de *chaux* correspond au précédent; il a été préparé en décomposant le molybdate neutre de cette base par la quantité voulue d'acide chlorhydrique. Ses cristaux sont très-petits, presque insolubles dans l'eau froide, beaucoup plus solubles à chaud.

Molybdates doubles. J'ai déjà parlé au commencement de cet article du molybdate sodico-potassique $K^2O, 2Na^2O, 3MoO^3 + 14$ aq.; c'est celui que M. Ullik identifie avec mon sel neutre de potasse.

Molybdate de magnésie et de potasse : $K^2O, MgO, 2MoO^3 + 2$ aq. Il se forme par l'union directe des deux sels simples. Il affecte la forme de croûtes cristallines assez lentement solubles dans l'eau froide, inaltérables à l'air.

Molybdate d'ammoniaque et de magnésie. $Am^2O, MgO, 2MoO^3 + 2$ aq. Les cristaux sont plus gros que ceux du précédent avec lequel ils semblent isomorphes. Ces deux sels doubles correspondent aux sulfates ferroso- et manganoso-potassiques décrits par M. Marignac.

L'auteur a obtenu des cristaux dans lesquels la moitié de l'acide molybdique étaient remplacés par de l'acide chromique, en dissolvant ensemble des poids atomiques égaux de molybdate neutre de magnésie et de chromate neutre de potasse. La formule de ces cristaux est $\left.\begin{matrix}K^2O \\ MgO\end{matrix}\right\} + \left.\begin{matrix}MoO^3 \\ CrO^3\end{matrix}\right\} + 2$ aq.; ils ont la couleur du chromate jaune de potasse, se dissolvent bien dans l'eau, fondent au rouge et peuvent être intégralement redissous après le refroidissement.

L'auteur n'a pas réussi à obtenir un composé analogue dans lequel l'acide chromique serait remplacé par l'acide sulfurique [1].

[1] Il est à regretter que M. Ullik n'ait pas déterminé ou fait déterminer les formes cristallines des sels nouveaux qu'il a obtenus.

En terminant le mémoire important que je viens d'analyser brièvement, M. Ullik donne quelques considérations théoriques sur la constitution de l'acide molybdique. Il envisage l'acide molybdique comme résultant de l'union d'un atome d'oxygène avec un atome de bi-oxyde de molybdène MoO^2, ce dernier fonctionnant comme radical bi-atomique, tandis que le molybdène lui-même serait hexatomique. Comme je n'ai pas foi en la doctrine de l'atomicité, telle que la chimie moderne l'enseigne actuellement, je passerai sous silence les formules rationnelles qui font la fin du mémoire du chimiste de Graz. M. DELAFONTAINE.

A. WURTZ. SUR LA SYNTHÈSE DE LA NÉVRINE OU NEURINE. (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, tome LXV, p. 1015.)

Sous le nom de *protagon*, M. Liebriech a fait connaître une substance définie, cristallisable, peu stable, contenant du phosphore et de l'azote, qui se rencontre dans le cerveau et la substance nerveuse, et probablement aussi dans le pus, le jaune d'œuf, les corpuscules blancs du sang et le sperme. L'acide cérébrique de Frémy et la cérébrine sans phosphore de W. Müller paraissent être des produits de décomposition du protagon.

Sous l'influence de l'eau de baryte bouillante, le protagon se dédouble en acide phospho-glycérique et en *neurine* base énergique, volatilisable, identique avec la *choline*, l'un des constituants de la bile de porc et de celle de bœuf[1], et probablement aussi avec la *sinkaline* base provenant de la décomposition de la sinapine[2].

M. Ad. Bæyer a démontré récemment que la neurine[3] est

[1] Dybkowski, *Journ. für prakt. Chemie*, t. 100, p. 153.
[2] Claus et Keesé, *idem*, t. 102, p. 24.
[3] M. Würtz traduit le mot *neurine* par névrine.

une base oxyéthylénique correspondant à un hydrate d'ammonium (Az^2H^8,H^2O) dans lequel six atomes d'hydrogène seraient remplacés par six molécules de méthyle et les deux derniers par une molécule d'oxyde d'éthylène. Partant de là, M. Würtz a tenté et réalisé la synthèse de la neurine en faisant réagir la triméthylamine sur le glycol monochlorhydrique. Cinq grammes d'ammine et dix grammes de glycol monochlorhydrique ont été chauffés au bain-marie, dans un tube scellé, pendant vingt-quatre heures, au bout desquelles on a vu, par le refroidissement, le tube se remplir de beaux cristaux prismatiques de chlorhydrate de neurine, parfaitement incolores, très-solubles dans l'alcool absolu d'où l'éther les précipite, très-déliquescents, susceptibles de s'unir avec le chlorure d'or pour former de petites aiguilles jaunes de chloro-aurate, formant avec le chlorure de platine un chloroplatinate soluble dans l'eau mais non dans l'alcool.

Le chlorhydrate obtenu dans la réaction qui vient d'être décrite et traité par l'oxyde d'argent humide, donne la névrine très-soluble dans l'eau, et qui reste, après l'évaporation, sous forme d'un liquide sirupeux qui se décompose quand on le chauffe, en répandant une vive odeur ammoniacale.

M. D.

Carl THAN. UEBER DAS... SUR L'OXYSULFURE DE CARBONE. (*Ann. der Chem. und Pharm.*, 5 Suppl.-Band, 236.)

L'oxysulfure de carbone COS est une substance gazeuse qui se forme dans les circonstances suivantes: 1° Par l'union directe de l'oxyde de carbone avec le soufre. Si l'on fait traverser un tube de porcelaine chauffé au rouge sombre, par un courant de vapeur de soufre en excès et d'oxyde de carbone, il se forme une quantité appréciable d'oxysulfure de carbone mélangé d'oxyde de carbone impossible à séparer.

2° Par la décomposition de l'acide sulfocyanhydrique par les acides étendus:

$$CAzHS + H^2O = AzH^3 + CSO.$$

Cette décomposition correspond à celle de l'acide cyanique:

$$CAzHO + H^2O = AzH^3 + CO^2.$$

Voici le procédé à suivre: on projette du sulfocyanure de potassium en poudre dans un mélange refroidi formé par cinq vol. d'acide sulfurique et quatre vol. d'eau, tant que la masse demeure liquide. Le dégagement de gaz commence de lui-même: s'il est trop rapide, il faut refroidir le ballon; s'il est, au contraire, trop lent, il suffit de tenir le vase sur la flamme du gaz pendant un temps très-court et agiter vivement. Le gaz qui se dégage d'une manière constante et tranquille, renferme une trace d'acide cyanhydrique, de sulfure de carbone et de vapeur d'eau; pour le purifier, on le conduit dans trois tubes en U dont le premier est rempli de coton imprégné d'oxyde de mercure humide, tandis que le second contient du caoutchouc non vulcanisé en menus morceaux et le troisième de chlorure de calcium. Le gaz se recueille sur le mercure, qu'il n'attaque pas quand il est sec. L'oxysulfure a une odeur qui n'est pas désagréable et rappelle tout ensemble celle de l'acide carbonique, de la résine et de l'hydrogène sulfuré. L'eau dissout son volume de ce corps dont elle prend ainsi l'odeur. Cette dissolution saturée a une saveur sucrée d'abord, puis un peu piquante et sulfureuse tout à la fois; au bout de quelques heures, elle exhale une forte odeur d'hydrogène sulfuré. Le gaz a une réaction plus faiblement acide encore que l'acide carbonique. Lorsqu'on l'allume, et il s'enflamme même avec une allumette presque éteinte, il brûle avec une belle flamme bleue, peu lumineuse, en produisant de l'acide sulfureux et de l'acide carbonique. Il est aussi susceptible d'une combustion incomplète, avec dépôt de soufre. Une bougie allumée s'éteint quand on la plonge dans une atmosphère de ce gaz, qui

prend feu à l'orifice du flacon où se fait l'expérience. Mélangé avec un volume et demi d'oxygène, il constitue un gaz qui détone fortement à l'approche d'un corps enflammé. La potasse et les autres hydrates alcalins l'absorbent lentement, mais complétement en produisant une molécule de monosulfure alcalin, une molécule de carbonate et deux d'eau. Il n'agit pas sur les dissolutions neutres ou acides des sels de plomb, de cuivre ou d'argent. A la température ordinaire le chlore et l'acide nitrique fumant ne l'attaquent pas. Le sodium s'y recouvre, à froid, d'une croûte blanche, mais au rouge, il y brûle avec explosion : le résidu consiste en charbon, sulfure et carbonate de sodium.

L'oxysulfure de carbone se décompose partiellement, déjà au rouge sombre, en soufre et en oxyde de carbone ; son poids spécifique = 2.110. L'auteur pense que ce gaz se dégage naturellement dans quelques localités, mais qu'il ne tarde pas à se décomposer en présence de l'eau ; il lui est à peu près démontré que deux sources, celles de Hackany et de Parad en Hongrie, en contiennent. M. D.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

Will. CARPENTER. RESEARCHES, etc. RECHERCHES SUR LA STRUCTURE, LA PHYSIOLOGIE ET LE DÉVELOPPEMENT DE L'ANTEDON (COMATULA Lam.) ROSACEUS, 1re partie. (*Philos. Transact.* 1866, p. 671.) — Wyville THOMSON. ON THE EMBRYOLOGY, etc. SUR L'EMBRYOLOGIE DE L'ANTEDON ROSACEUS. (*Ibid.* 1865, p. 513.) — LÜTKEN. OM VESTINDIENS PENTACRINER, etc. SUR LES PENTACRINIDES DES INDES OCCIDENTALES, AVEC REMARQUES SUR LES CRINOÏDES EN GÉNÉRAL. (*Vidensk. Meddelelser af Naturhist. Forening* 1864.)

Les Comatules ont donné lieu récemment à des recherches importantes de la part de M. Carpenter et de M. Wyville Thomson. Ces deux auteurs se sont distribué le travail de

telle manière que leurs recherches se complètent réciproquement. M. Carpenter, en effet, a pris pour lui les considérations purement zoologiques et la structure, soit de l'animal parfait, soit de la phase pentacrinoïde; M. Thomson s'est réservé l'étude de la première larve et de l'apparition, dans son intérieur, de la forme pentacrinoïde.

M. Carpenter débute par une réforme de synonymie: au nom générique de *Comatula* Lam., divers auteurs ont substitué celui d'*Alecto* Leach, qui date de 1814, tandis que le premier ne fut publié qu'en 1816. Toutefois, dès 1811, M. Fréminville avait établi ce genre d'une manière parfaitement claire sous le nom d'*Antedon*. M. Carpenter revient donc à ce nom et, sous la désignation spécifique d'*Antedon rosaceus*, il réunit un grand nombre de prétendues espèces de Crinoïdes libres. En effet, beaucoup de caractères sur lesquels ces distinctions ont été établies paraissent n'avoir qu'une importance très-secondaire. C'est le cas même pour la présence ou l'absence de plaques inter-radiales.

J. V. Thomson et Edward Forbes ont déjà insisté sur l'activité avec laquelle les Antedons nagent, lorsqu'on les place librement dans l'eau. Toutefois, il suffit de les conserver quelque temps dans un aquarium pour savoir que la natation n'est qu'exceptionnelle chez eux. Dès que ces Crinoïdes ont saisi un corps étranger à l'aide de leurs cirres, ils y restent fixés pour ne plus guère changer de place. Dans leur position normale, les bras sont tournés élégamment vers le haut; mais, contrairement à l'opinion généralement répandue, M. Carpenter nie le rôle directement préhensible de ces organes. Jamais on ne leur voit exécuter non plus qu'à leurs pinnules de mouvements appropriés à ce but. M. Carpenter les considère comme des organes sensoriels destinés à protéger les parties molles qui occupent la surface ventrale du disque et à empêcher les particules trop grosses d'être entraînées dans le courant buccal. Si l'on irrite une des pinnules ordinaires d'un bras à l'aide d'une baguette, ce bras réa-

git par un simple mouvement ondulatoire fort lent qui peut cependant s'étendre au bras voisin. Mais si l'on touche de la baguette l'une des grandes pinnules de la base des bras, on voit ceux-ci se fermer immédiatement avec énergie et ensemble. La nourriture paraît être conduite à la bouche par les sillons qui convergent vers celle-ci, sillons dans lesquels M. Carpenter a réussi à distinguer un courant sans reconnaître cependant de cils vibratiles. Les pinnules paraissent d'ailleurs jouer, en outre, un rôle respiratoire. En effet, en outre du canal dit ambulacraire et de ses expansions tentaculaires, chaque bras et chaque pinnule contiennent un canal afférent et un canal efférent dans lesquels le liquide nutritif est exposé à l'action oxygénante du milieu ambiant. Les différentes pièces du squelette sont formées, selon M. Carpenter, par un dépôt calcaire réticulé dans un sarcode homogène.

L'existence de cette base sarcodique, de nature albuminoïde, est aussi admise par M. Thomson. Les segments des bras et de leurs pinnules latérales, comme aussi jusqu'à un certain degré, ceux des rayons qui les portent, sont susceptibles de se mouvoir, grâce à un appareil musculaire de fibres non striées. Ces muscles ne sont nullement parcourus par des vaisseaux sanguins, mais leur surface forme le sol du canal rempli de liquide nutritif.

M. Carpenter étudie avec grand soin toutes les pièces du squelette. La base de l'animal est formée par une plaque pentagone imperforée convexe extérieurement, concave intérieurement : cette plaque est l'homologue du premier article de la tige des autres Crinoïdes, comme le savait déjà J. S. Miller, seulement cette plaque n'est pas perforée, puisqu'il n'y a pas de prolongement du canal alimentaire destiné à nourrir une tige. Cette plaque centro-dorsale porte à sa surface externe une série de petites cavités pour l'articulation des cirres dorsaux, dont le nombre peut s'élever jusqu'à une quarantaine. Ces cirres, extrêmement simples, servent uniquement à fixer l'animal. Ils sont formés d'une série de seg-

ments perforés chacun par un canal axial. Ce canal des cirres se continue jusque dans la concavité de la plaque centro-dorsale. Müller le supposait occupé par un vaisseau sanguin provenant d'un cœur qu'il plaçait dans la cavité de la plaque centro-dorsale, et duquel il faisait procéder d'autres vaisseaux se rendant dans les plaques radiales. Toutefois, selon M. Carpenter, ces prétendus vaisseaux axiaux des cirres sont des cordons de substance sarcodique non consolidée, et le prétendu cœur est aussi un reste de l'axe crinoïde originaire.

Lorsque la plaque centro-dorsale a été détachée du reste du calice, on trouve la base de celui-ci formée par un disque pentagonal résultant de l'adhésion réciproque des cinq pièces radiales de premier ordre. Ce disque présente une cavité occupée du côté dorsal par une plaque unique de conformation très-délicate, qui paraît avoir échappé jusqu'ici aux observateurs, et que M. Carpenter appelle la *rosette*. Puis viennent les pièces radiales du second et du troisième ordre. Dans les Antedons de l'estuaire de la Clyde il n'existe jamais trace de pièces interradiales. En revanche, M. Carpenter en trouve dans les échantillons d'Ilfracombe et de quelques autres localités. Toutefois, M. Thomson ayant observé un Antedon des Shetland possédant des plaques interradiales dans trois angles, mais dépourvus de ces plaques dans les deux autres, ce caractère paraît n'avoir pas d'importance.

Les dix bras résultant de la bifurcation des rayons sont formés par des segments en nombre indéfini. Chaque segment est, en principe, un tronçon cylindrique perforé par un canal axial, et les déviations que l'on observe de ce type fondamental sont intimement liées au mode d'attache des muscles et des ligaments aux faces articulaires. Les différents segments, sauf dans les points connus sous le nom de syzygies, sont séparés par un espace qu'occupe un ligament élastique, antagoniste des muscles fléchisseurs placés sur le côté ventral des bras. La contraction de ces muscles fléchisseurs peut aller jusqu'à produire un enroulement spiral de

chaque bras comparable à celui d'un ressort de montre. Dès que les muscles se relâchent, l'élasticité des ligaments du côté dorsal amène l'extension des bras, et peut même produire un léger degré de flexion en sens opposé. Les bras possèdent aussi un léger degré de flexion latérale, en vertu semble-t-il d'une inégalité d'action des deux muscles fléchisseurs de chaque articulation.

Le canal axial des bras est occupé par un *cordon solide* de substance sarcodique que M. Carpenter considère de même que les cordons des cirres dorsaux comme une branche de de l'axe crinoïde primitif. Les syzygies ne résultent point, comme on l'a cru parfois, d'une subdivision imparfaite des segments des bras, mais, au contraire, de la coalescence partielle de deux segments originairement bien distincts.

Les Antedons jouissent à un haut degré de la propriété de reproduction des parties mutilées. Dans ces cas de reproduction on voit si fréquemment la fracture procéder d'une syzygie, qu'on peut se demander si ces articulations particulières ne jouissent pas d'un pouvoir reproducteur spécial analogue à celui que nous trouvons dans l'extrémité basilaire de la première phalange chez les Crustacés Décapodes. Cependant, il semble plus vraisemblable que la fréquence des fractures aux syzygies dépend plutôt de la grande fragilité des bras en ces points, les segments réunis dans une syzygie n'étant accollés ensemble que par une couche de substance sarcodique sans muscles et sans ligaments. Il est certain, dans tous les cas, que le pouvoir reproducteur, au lieu d'être limité comme chez les crabes et chez les écrevisses à une articulation déterminée, est, au contraire, l'apanage de tous les points du bras et même du rayon.

L'embryon des Antedons se présente d'abord dans l'intérieur de la membrane vitelline sous la forme d'un corps ovoïde cilié. Plus tard, les cils se concentrent en quatre bandes transversales, l'animal prend une apparence légèrement réniforme avec une cavité représentant la bouche vers le

bile. À ce moment, la membrane vitelline se déchire et la larve est mise en liberté. Un long faisceau de cils continuellement vibrants est fixé à l'extrémité la plus étroite (postérieure) du corps. La dépression représentant la bouche est située entre le troisième et le quatrième cercle de cils. Ses bords sont richement ciliés. Immédiatement en arrière et séparé d'elle seulement par la largeur du quatrième cercle de cils se trouve une autre petite dépression, l'anus. Ces deux ouvertures sont mises en communication par un tube arqué, extrêmement court, qui est le canal intestinal. Ce sont là, au fond, les seuls organes de la larve dont les tissus sont formés par un sarcode tout à fait comparable à celui des Infusoires. Bientôt, dans l'épaisseur de ce sarcode, on voit apparaître de petits spicules calcaires qui augmentent peu à peu de nombre, et se soudent les uns aux autres pour former des plaques réticulées très-élégantes.

Voilà donc les rudiments de la phase pentacrinoïde de l'Antedon se dessinant et se développant rapidement dans le corps de la première larve, qui conserve néanmoins sa forme indépendante et ses organes spéciaux de locomotion et d'assimilation. M. Thomson n'a pas réussi à reconnaître la première formation des viscères du pentacrinoïde. Le réseau calcaire oppose, en effet, à l'observation des difficultés difficiles à surmonter.

Lorsque le pentacrinoïde s'est allongé, il paraît enveloppé d'une épaisse couche de sarcode, qui n'est que le corps de la première larve uniformément contracté sur le corps et la tige du pentacrinoïde. Cette couche devient plus tard le périsome de l'animal. Les plaques du calice et les pièces orales ainsi que la bouche se forment. La tige s'allonge graduellement par l'addition de nouveaux anneaux au sommet de la tige, immédiatement au-dessous de la plaque centro-dorsale. L'estomac est suspendu dans une sorte de cavité périviscérale, attaché aux parois du corps par des filaments sarcodiques. On voit les canaux rayonnants naître de l'anneau oral.

traverser le disque et longer la partie supérieure des bras pour entrer en communication avec les tentacules et les feuilles respiratoires.

La première larve des Antedons ressemble beaucoup à la phase de pupe décrite par Joh. Müller chez certaines Holothuries. Cependant les jeunes Holothuries ont passé auparavant par la phase d'auriculaire, munie d'une bouche, d'un canal alimentaire et de lobes natatoires et présentant une symétrie bilatérale régulière. Dans la phase de pupe, l'animal se transforme en un cylindre de sarcode cerclé de bandes ciliées et dépourvu d'organes spéciaux. Chez les Antedons la phase d'auriculaire et celle de pupe paraissent fondues en une seule. Il subsiste, cependant, toujours une ou deux différences importantes : chez les Antedons, à l'inverse de ce qui a lieu chez les Holothuries, le crinoïde naissant n'emprunte à la larve aucune partie de son canal alimentaire. En outre, chez les Holothuries, la pupe entière se transforme par une simple métamorphose dans la forme définitive, tandis que, chez les Antedons, le développement des organes de l'embryon est restreint à la région antérieure de la larve, la région postérieure étant occupée par le pédoncule, organe temporaire. Enfin, chez les Holothuries, le tubercule madréporique et le canal pétreux existent au moins à l'état rudimentaire chez la larve. Rien de semblable chez les Antedons.

Dans la phase pentacrinoïde, selon M. Carpenter, l'intestin est encore dépourvu d'ouverture anale et même peut-être de tout calibre. Les cinq plaques orales importantes pour la comparaison avec d'autres crinoïdes sont extrêmement distinctes, mais avant l'époque où le pentacrinoïde se détache de son pédoncule, leur résorption commence.

M. Lütken a consacré aussi une étude intéressante, il est vrai plus zoologique qu'anatomique, non-seulement aux Antedons, mais encore aux Pentacrines. Il montre que les premiers sont autre chose que des Pentacrines détachés de leur pédoncule, et les seconds aussi autre chose que des An-

tedons qui auraient conservé leur pédoncule larvaire. Parmi les Pentacrines fossiles on en connaît un seul, figuré par Buckland, dont le calice soit entièrement conservé. On voit sortir du disque de cet animal une sorte de rostre recourbé avec une ouverture au bout, qu'on a considéré comme la bouche. Toutefois, comme le remarque M. Lütken, les Pentacrines vivants se comportant comme les Antedons au point de vue de la bouche et de l'anus, il est évident que le prétendu rostre est un tube anal. C'est ce que Müller savait déjà. Il faut remarquer cependant que, parmi les Comatules, les unes, savoir les Antedons, ont une bouche centrale avec un tube anal plus ou moins excentrique, tandis que les autres, savoir les Actinomètres, ont un tube anal central et une bouche tout à fait latérale. On pourrait donc fort bien rencontrer des différences analogues chez les Pentacrines. Chez les genres fossiles on ne peut donc guère déterminer la bouche et l'anus par leur position, mais seulement par leur forme. Aussi chez beaucoup de Crinoïdes paléolithiques où l'on trouve un rostre plus ou moins long formé de petites plaques dures, M. Lütken pense que, s'il faut voir dans cet organe un tube buccal ou un tube anal, c'est plutôt pour cette dernière opinion qu'il faut se prononcer. Il y a, il est vrai, une autre hypothèse admissible : à savoir que la bouche et l'anus aient été réunis chez ces Crinoïdes en une seule ouverture, comme cela a lieu aujourd'hui chez les Ophiurides et certaines Astérides, chez lesquelles, du moins, en l'absence d'un véritable anus, la bouche fonctionne comme ouverture anale. Il est à remarquer que, dans tous les cas jusqu'ici connus où la bouche et l'anus sont fonctionnellement réunis, c'est, en réalité, toujours l'anus qui fait défaut et la bouche qui en remplit les fonctions. Au contraire, chez les Crinoïdes paléolithiques, si la réunion fonctionnelle des deux ouvertures a eu lieu, c'est la bouche qui a disparu, et c'est l'anus qui en remplit les fonctions. En présence d'une pareille conclusion on a bien le droit de se demander si cette absence

apparente de bouche était bien réelle et si les plaques qui entouraient l'orifice buccal ne se fermaient pas après la mort d'une manière si hermétique, qu'il n'est plus possible aujourd'hui d'en reconnaître la place. Il ne faut pas oublier, cependant, que M. Murchison figure un Marsupiocrinus armé d'un long rostre sur lequel est placé un mollusque voisin des Capulus, et cet auteur nous apprend, qu'il n'est point rare de rencontrer cette association de ces deux animaux. Il en conclut que le Crinoïde a été fossilisé dans l'acte de sucer sa proie. Si cette manière de voir était exacte, il faudrait revenir à l'opinion que le rostre des Crinoïdes paléolithiques n'était pas seulement un anus, mais encore une bouche.

E. C.

S. de Luca et P. Panceri. Ricerche, etc. Recherches sur la salive et les organes salivaires du Dolium Galea. (*Rendiconto d. R. Accad. di Sc. fis. e matem. di Napoli.* Agosto 1867.) — Les mêmes. Recherches sur les organes salivaires du Dolium Galea et d'autres mollusques. (*Ibid.*, settembre 1867.)

M. Troschel fit, il y a une dizaine d'années, la découverte fort inattendue de la présence d'une forte proportion d'acide sulfurique libre dans la salive d'un Gastéropode, le *Dolium Galea*. MM. de Luca et Panceri ont repris récemment l'étude de ce sujet, et ils ont confirmé dans leurs grands traits les résultats obtenus par leur devancier. Ils trouvent, en effet, la quantité d'acide sulfurique anhydre libre variant de 3,42 à 3,3 pour cent, quantité même un peu supérieure à celle constatée par M. Troschel. En revanche, les savants de Naples n'ont trouvé aucune trace d'acide chlorhydrique libre, tandis que l'analyse, faite précédemment par Boedeker, à l'instigation de M. Troschel, en indiquait 0,4 pour cent. Il était intéressant de rechercher jusqu'à quel point ce phénomène est isolé. MM. de Luca et Panceri ont donc étudié à ce point de

vue la salive de divers mollusques, et ils ont trouvé de l'acide sulfurique libre, en proportion notable, chez quatre espèces de Tritonium, chez un Casque, une Cassidaire, deux Murex et une Aplysie. En outre, chez tous ces mollusques, y compris les Dolium, ces savants ont vu se dégager un gaz du liquide salivaire, au moment de la déchirure de la glande. Ce gaz s'est trouvé être de l'acide carbonique pur, dont le volume s'est élevé, dans un cas, jusqu'à 206 centimètres cubes pour une glande du poids d'environ 75 grammes.

Ces différents liquides salivaires ont la propriété de ne point s'altérer spontanément au contact de l'air, et de conserver sans altération les substances albuminoïdes qu'on y plonge.

Le rôle de ces acides sécrétés en quantité si considérable est encore fort obscur. Les auteurs remarquent, chez les mollusques en question, que le sang ne cesse pas d'être alcalin. C'est un sujet sur lequel ils nous promettent d'ailleurs des recherches ultérieures. E. C.

Alb. Kölliker. Note sur le polymorphisme des Anthozoaires et la structure des tubipores. (*Würzburger Zeitung*, 4 janvier 1868.)

Le polymorphisme des individus, si remarquable chez les Acalèphes, n'avait pas jusqu'ici de correspondant parmi les autres Cœlentérés. C'est donc une découverte assez inattendue que celle d'un véritable polymorphisme, faite par M. Kölliker chez divers genres d'Anthozoaires, soit Alcyonnaires. Ce polymorphisme consiste en ce que outre les gros individus susceptibles de prendre la nourriture et munis d'organes générateurs, il en existe d'autres plus petits, asexués, qui paraissent présider essentiellement à l'introduction de l'eau de mer dans l'organisme, puis à son expulsion, et qui sont peut-être en même temps le siége d'une sécrétion excrémen-

titielle. Ces individus asexués possèdent, comme les autres, une cavité du corps, divisée en chambres par huit cloisons, et un estomac piriforme muni de deux ouvertures. En revanche ils sont entièrement dépourvus de tentacules et au lieu des huit filaments mésentériques ordinaires on n'en trouve plus que deux appuyés sur deux cloisons consécutives. La cavité du corps de ces individus est toujours en communication avec celle des individus sexués, mais la manière dont s'établit cette communication est sujette à varier avec les genres.

On peut distinguer deux types quant au mode de distribution des individus sexués sur les polypiers. Dans le premier ils sont distribués en grande quantité dans toute la région polypigère du polypier, entre les individus sexués. Ainsi chez certains Alcyonium que M. Kölliker fait rentrer dans le genre Sarcophyton, chez les Vérétillum, chez les Lituaria, chez les Cavernularia et chez les Sarcobelemnon. Dans le second cas, les individus asexués sont restreints à certaines places parfaitement définies mais variables avec les genres. Ainsi chez certains Ptéroeides, on les trouve à la face inférieure des feuilles pennées de la région servant d'attache sous la forme d'une plaque plus ou moins grande: chez d'autres espèces du même genre on les trouve, en outre, au sommet du polypier; chez les Pennatules, les varicosités du tronc correspondent aux places où siégent les individus sexués; la *Funiculina quadrangularis* les montre disposés en rangées longitudinales entre les individus sexués: les Virgulaires, enfin, présentent toujours en arrière de chaque feuillet, sur leur tronc, une simple rangée transversale d'individus asexués.

Il est probable que toutes les Pennatulides présentent un pareil dimorphisme, du moins chez les Renilla voit-on entre les polypes bien développés des corps rudimentaires qui paraissent être des individus d'une forme différente. En revanche, sauf l'exception citée plus haut du genre Sarcophyton, M. Kölliker a cherché en vain le dimorphisme chez les

Alcyonides et les Gorgonides. Il ne faut d'ailleurs pas oublier qu'il paraît exister des rapports entre les bourgeons des individus sexués et des individus asexués dans les polypiers polymorphes, car chez les Veretillum tout au moins, les individus asexués paraissent dans de certaines circonstances pouvoir se transformer en individus sexués.

M. Kölliker a pu aussi étudier un polypier de Tubipore encore enveloppé des parties molles et provenant de l'archipel Viti. Malgré la grande ressemblance des polypiers de Tubipores avec ceux des madrépores, l'auteur a pu se convaincre que par toute leur structure et leur développement, ces Polypes sont des Alcyonaires qui doivent prendre place à côté du genre Clavularia. Soit les tentacules, soit les corps des polypes de Tubipores renferment des spicules. E. C.

Prof. Wilh. KEFERSTEIN. ÜBER EINE ZWITTER-NEMERTINE. SUR UN NÉMERTIEN HERMAPHRODITE (BORLASIA HERMAPHRODITICA) DE SAINT-MALO. (*Nachr. v. d. k. Ges. d. Wiss. u. G. A. Univ. zu Göttingen*, 15 janvier 1868.)

Autrefois on accordait une grande importance en zoologie à la réunion des sexes sur un même individu ou à leur répartition sur des individus distincts. Encore récemment un savant français a tenté de répartir en classes les invertébrés en grande partie d'après ce caractère.

Il est certain cependant aujourd'hui que la monœcie et la diœcie n'ont qu'une valeur secondaire. Ne savons-nous pas, par exemple, que, soit chez les Annélides, soit chez les Nématodes qui ont dans la règle des sexes séparés, on trouve un certain nombre d'espèces hermaphrodites? Nous connaissons aussi quelques Trématodes dioïques dans un groupe d'ailleurs entièrement hermaphrodite. Et récemment dans le groupe des Planaires hermaphrodites n'a-t-on pas fait connaître une espèce à sexe séparé (Planaria dioica de St-Vaast)?

Aussi la découverte faite par M. Keferstein à Saint-Malo d'un Némertien hermaphrodite n'est-elle point trop surprenante. Mais c'est dans tous les cas un fait important, puisque c'est le premier exemple d'hermaphrodisme dans ce groupe. Chez cet animal, auquel M. Keferstein donne le nom de *Borlasia hermaphroditica*, les testicules ont été trouvés remplis de zoospermes mûrs et les ovaires pleins d'ovules en voie de formation. L'auteur n'ayant étudié qu'un seul individu, on pourrait soupçonner dans les organes désignés par lui sous le nom de testicules des réceptacles de la semence remplis de sperme. Toutefois M. Keferstein croit s'être convaincu que cette interprétation serait fautive.

Quoi qu'il en soit, l'auteur se demande si la découverte d'un némertien hermaphrodite ne serait pas propre à jeter un peu de jour sur les némertiens dans la cavité périviscérale desquels M. Max Schultze, M. Claparède et M. Keferstein lui-même ont rencontré des petits vivants bien développés.

E. C.

Brunner de Wattenwyl. Nouveau système des Blattaires. Vienne, 1865; 1 vol. in-8°.

Dans l'ordre des Orthoptères, les Blattes ou Kakerlacs forment une famille nombreuse, caractérisée par l'aplatissement du corps, la position de la tête qui est appliquée sous le prothorax, et l'absence d'organe musical. Ces insectes, dont le nombre des espèces connues devient chaque jour plus considérable, offrent dans leurs mœurs ceci de remarquable qu'habitant souvent les maisons et étant du reste fort vagabonds, ils pénètrent dans les vaisseaux, se transportant ainsi d'un continent à l'autre et tendent, par l'effet du commerce, à devenir de plus en plus cosmopolites. Un assez grand nombre de Blattaires, même appartenant aux plus petites espèces, se sont ainsi répandues sur tout le pourtour de notre globe

entre les limites des climats chauds ou tempérés, tandis que d'autres, telles que notre petite *Ectobia lapponica*, tendent à devenir entièrement cosmopolites, ou le sont même devenues complétement, comme la *Periplanata orientalis*. Pour les espèces les plus vagabondes, on ignore quelle fut la patrie première ; ainsi les *Periplanata Surinamensis* et *Australasiae* étaient déjà du temps de Linné répandues sur plusieurs continents.

L'ouvrage de M. Brunner constitue une monographie très-complète et très-soignée de ces insectes, établie à l'aide des très-riches matériaux de sa belle collection et de divers musées. Les recherches bibliographiques les plus étendues, faites avec la plus grande attention, ont conduit l'auteur à rectifier la synonymie ; la comparaison de matériaux abondants lui a permis d'établir pour la première fois une classification rationnelle des Blattides. Ce livre est donc un modèle dans son genre. Malheureusement, sa publication a presque coïncidé avec celle des travaux de M. H. de Saussure sur le même sujet, d'où il est résulté une foule de doubles emplois pour les noms de genres et d'espèces, dont la réduction exigera de la part des auteurs une soigneuse comparaison de leurs types respectifs.

S'il nous était permis de formuler un reproche sur le livre de M. Brunner, nous dirions que, dans notre opinion, l'auteur a trop multiplié les genres. Ainsi le genre linnéen *Blatta*, qui sert de type à la famille et qui lui a donné son nom, est resté sur le champ de bataille et a complétement disparu à force d'être subdivisé. Une pareille élimination ne saurait être admise. Le nom primitif doit forcément être conservé pour l'un des débris du grand genre *Blatta*, il a droit à la priorité, et il devra être attribué au genre *Phyllodomia* de Serville.

L'excès des divisions, loin de faciliter les études, les rend au contraire ardues pour ceux qui ne sont pas de longue main initiés à la connaissance d'un groupe ; mais il n'est que

juste d'ajouter que la multitude d'excellentes figures, exécutées sans luxe, mais avec exactitude, lèvent dans l'ouvrage de M. Brunner les principales difficultés qui pourraient résulter de cette surabondance de genres. Les espèces sont aussi groupées dans chaque genre par subdivisions méthodiques, au lieu d'être, comme on le voit trop souvent dans les ouvrages analogues, entassées sans ordre les unes à la suite des autres.

Enfin, on pourrait aussi reprocher à l'auteur de n'avoir pas suffisamment mis en relief la hiérarchie des groupes. Son tableau analytique de la distribution des genres, établi tout d'une pièce, offre un enchaînement si long qu'il est presque impossible de le suivre jusqu'à ses dernières ramifications sans s'égarer en route. Il eût été, pensons-nous, préférable de diviser d'abord avec netteté la famille en tribus et d'établir ensuite un tableau pour chaque tribu.

A part ces observations de détail, le traité de M. Brunner est un excellent livre, fait avec soin, science et méthode.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE JANVIER 1868.

Le 1er et le 2, assez forte bise toute la journée.

5, neige presque tout le jour, hauteur 54mm.

7, neige le soir, hauteur 5mm.

8 et le 9, assez forte bise depuis le 8 à 10 h. du soir au 9 à 10 h. du matin.

13, à 6 h. du matin, halo lunaire.

16, brouillard épais tout le jour.

17, brouillard épais tout le jour; givre.

18, vent violent du SO. depuis 6 h. du soir.

19, vent violent du SSO. tout le jour.

22, vent violent du SSO. pendant toute la journée, la nuit précédente et la nuit suivante.

25, faible halo solaire de 9 h. $^1/_2$ à 1 h.; neige le soir et dans la nuit, hauteur 22mm.

27, forte bise tout le jour; le soir, belle lumière zodiacale jusqu'après 9 h.

28, couronne lunaire le soir.

30, gelée blanche le matin; le soir, lumière zodiacale faible à cause de la lune.

31, gelée blanche le matin; couronne solaire dans la matinée et couronne lunaire dans la soirée.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.

	mm
Le 3 à 10 h. s. et le 4 à 10 h. m.	723,34
9 à 10 h. soir	730,05
12 à 8 h. et 10 h. soir	729,96
16 à 10 h. soir	740,42
21 à 6 h. soir	725,70
24 à 10 h. soir	730,34
28 à 10 h. matin	734,32
30 à 8 h. matin	738,97

MINIMUM.

	mm
Le 5 à 2 h. après midi	720,83
12 à 6 h. matin	727,93
13 à 2 h. après midi	726,27
20 à 7 h. 3/4 soir	705,67
23 à 3 h. 1/2 après midi	716,88
25 à 6 h. soir	723,50
29 à 7 h. matin	727,68

GENÈVE. — JANVIER 1868.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation. Minim.	Fract. de saturation. Maxim.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim.					mm.				0		cm
1	720,65	— 6,82	— 8,26	—7,90	— 9,0	— 7,4	1,85	—2,13	782	— 87	680	890	...	..	NNE. 2	0,99	...	.....	83
2	720,80	— 6,68	— 9,53	—9,14	—10,0	— 9,0	1,76	—2,22	837	— 32	780	870	...	..	NNE. 2	1,00	1,9	— 3,5	82
3	721,38	— 6,11	— 8,92	—8,50	—10,1	— 7,4	1,82	—2,16	820	— 49	740	900	0,1	3	variable	1,00	1,9	— 3,5	81
4	722,74	— 4,76	— 6,17	—5,73	— 8,9	— 4,4	2,27	—1,71	798	— 71	740	850	...	..	NNE. 1	1,00	2,9	— 2,4	80
5	721,46	— 6,05	— 5,20	—4,74	— 6,0	— 3,5	2,81	—1,17	926	+ 57	820	1000	3,2	11	SO. 1	1,00	...	.....	80
6	723,01	— 4,50	— 4,53	—4,05	—10,0	— 2,0	3,16	—0,83	946	+ 77	840	1000	...	..	variable	1,00	4,1	— 1,2	79
7	724,18	— 3,33	— 4,02	—3,52	— 4,9	— 2,3	3,13	—0,86	937	+ 68	860	1000	0,6	2	variable	1,00	4,2	— 1,0	78
8	724,37	— 3,14	— 2,56	—2,04	— 4,1	— 1,5	3,24	—0,76	865	— 4	770	910	...	..	NNE. 1	1,00	4,3	— 0,9	79
9	729,24	+ 1,73	— 3,20	—2,67	— 3,8	— 1,5	2,87	—1,13	811	— 58	760	820	...	..	NNE. 1	1,00	3,1	— 2,0	77
10	729,21	+ 1,70	— 3,75	—3,22	— 4,9	— 2,9	2,78	—1,23	815	— 54	750	860	...	..	variable	1,00	3,8	— 1,3	77
11	729,24	+ 1,73	— 5,33	—4,80	— 8,5	— 1,7	2,67	—1,34	900	+ 32	760	1000	...	..	variable	0,78	3,8	— 1,3	76
12	729,17	+ 1,66	— 0,48	+0,05	— 6,8	+ 4,1	3,86	—0,15	850	— 18	660	1000	...	..	SO. 1	0,78	...	.....	75
13	727,59	+ 0,09	+ 1,57	+2,09	— 1,4	+ 5,0	4,54	+0,52	881	+ 13	750	970	2,2	5	variable	0,92	4,8	— 0,2	75
14	732,90	+ 5,40	+ 3,38	+3,89	+ 1,1	+ 6,0	4,96	+0,94	853	— 14	740	930	...	..	SO. 1	0,86	4,9	— 0,1	74
15	734,09	+ 6,60	+ 4,29	+4,79	+ 1,3	+ 7,5	5,33	+1,30	857	— 10	750	940	1,1	3	variable	0,98	5,0	0,0	74
16	739,32	+11,84	+ 0,95	+1,43	— 1,0	+ 4,5	4,93	+0,89	1000	+134	1000	1000	...	..	variable	0,98	5,1	+ 0,2	74
17	737,60	+10,13	— 1,78	—1,32	— 3,9	+ 0,1	4,09	+0,05	1000	+134	1000	1000	...	..	S. 1	0,92	4,8	— 0,1	73
18	730,90	+ 3,44	+ 7,39	+7,83	— 0,5	+12,6	5,29	+1,24	691	—174	470	820	1,8	2	SO. 3	0,53	4,9	0,0	74
19	719,33	— 8,12	+ 6,65	+7,07	+ 4,2	+12,0	5,28	+1,22	750	—114	630	900	4,5	5	SSO. 3	0,97	...	.....	74
20	707,51	—19,92	+ 6,18	+6,57	+ 4,0	+10,0	5,44	+1,37	783	— 81	540	880	12,0	12	SO. 2	0,96	4,9	+ 0,1	74
21	722,66	— 4,75	+ 3,16	+3,52	+ 1,1	+ 6,6	3,33	—0,75	597	—266	450	710	...	..	variable	0,61	4,9	+ 0,1	73
22	720,11	— 7,28	+ 6,06	+6,38	+ 1,0	+ 9,5	5,13	+1,04	718	—144	620	790	3,6	8	SSO. 3	0,93	4,8	0,0	73
23	718,01	— 9,36	+ 5,19	+5,47	+ 2,6	+ 9,1	3,85	—0,25	596	—265	450	690	...	..	variable	0,63	4,8	0,0	78
24	727,14	— 0,21	— 0,66	—0,42	— 2,3	+ 3,0	3,48	—0,63	817	— 43	700	920	...	..	NNE. 3	0,53	3,7	— 1,0	75
25	726,05	— 1,28	— 1,78	—1,59	— 4,3	+ 2,0	3,40	—0,72	839	— 20	670	970	0,9	4	OSO. 1	0,86	3,7	— 1,0	75
26	725,31	— 1,99	+ 1,22	+1,36	— 1,5	+ 6,0	4,58	+0,46	915	+ 58	810	980	1,0	4	variable	0,94	...	.....	78
27	731,37	+ 4,09	+ 1,88	+1,97	— 1,3	+ 3,8	3,44	—0,69	678	—178	580	860	...	..	NNE. 3	0,23	3,8	— 0,9	81
28	733,56	+ 6,31	— 2,17	—2,13	— 5,5	+ 4,5	3,30	—0,83	846	— 9	700	930	...	..	variable	0,67	3,0	— 1,7	78
29	730,90	+ 3,68	+ 1,70	+1,68	— 2,5	+ 4,7	3,98	—0,16	771	— 83	490	1000	7,5	9	N. 1	0,81	4,8	+ 0,1	78
30	738,22	+11,03	— 0,71	—0,79	— 4,4	+ 5,5	3,58	—0,57	820	— 32	580	960	...	..	variable	0,04	4,9	+ 0,2	78
31	734,97	+ 7,81	— 0,40	—0,54	— 6,1	+ 7,9	3,48	—0,67	785	— 65	530	980	...	..	variable	0,20	4,5	— 0,2	78

MOYENNES DU MOIS DE JANVIER 1868.

Baromètre.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	723,27	723,51	724,13	723,71	723,40	723,65	723,91	724,27	724,47
2 «	729,17	729,24	729,57	729,00	728,13	727,94	727,94	727,83	727,92
3 «	727,24	727,76	728,13	728,08	727,84	728,19	728,59	728,98	729,22
Mois	726,58	726,87	727,30	726,97	726,50	726,64	726,87	727,09	727,27

Température.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	— 6,43	— 6,28	— 5,72	— 5,10	— 4,67	— 4,83	— 5,13	— 5,26	— 5,40
2e «	+ 1,34	+ 1,28	+ 2,19	+ 3,86	+ 4,65	+ 4,04	+ 2,57	+ 1,97	+ 1,55
3e «	— 0,29	— 0,40	+ 1,47	+ 3,23	+ 3,54	+ 3,29	+ 1,79	+ 1,04	+ 0,35
Mois	— 1,75	— 1,76	— 0,62	+ 0,75	+ 1,25	+ 0,91	— 0,19	— 0,69	— 1,12

Tension de la vapeur.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	2,49	2,50	2,59	2,59	2,66	2,64	2,62	2,59	2,66
2e «	4,50	4,48	4,64	4,71	4,79	4,67	4,75	4,67	4,77
3e «	3,77	3,52	3,76	3,91	3,86	3,81	3,91	3,88	3,80
Mois	3,59	3,50	3,66	3,74	3,77	3,71	3,76	3,72	3,74

Fraction de saturation en millièmes.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
1re décade	872	872	857	816	802	812	828	829	863
2e «	880	880	849	779	758	773	858	881	920
3e «	840	797	743	680	656	660	749	788	812
Mois	863	848	814	756	736	745	810	831	863

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	— 7,17	— 4,19	1,00	3,28	3,9	79,6
2e «	— 1,15	+ 6,01	0,87	4,77	21,6	74,3
3e «	— 2,11	+ 5,69	0,59	4,29	13,0	76,8
Mois	— 3,43	+ 2,61	0,81	4,13	38,5	76,9

Dans ce mois, l'air a été calme 1 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,08 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 8°,9 E., et son intensité est égale à 10,2 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE JANVIER 1868.

Le 12, brouillard depuis midi à 8 h. du soir.

14,	id.	de 8 h. à 10 h. du matin.
15,	id.	à 6 h. du matin.
16,	id.	de 8 à 10 h. du matin.
21,	id.	jusqu'à 4 h. du soir et depuis 10 h. du soir.
24,	id.	jusqu'à 4 h. du soir.
26,	id.	jusqu'à 10 h. du matin et de 4 h. à 8 h. du soir.
27,	id.	jusqu'à 4 h. du soir.
29,	id.	de 10 h. à midi.

Variations extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 2 à 10 h. matin	551,76	Le 3 à 6 h. matin	549,59
4 à 8 h. soir	555,29	5 à 2 h. après-midi	553,05
6 à 10 h. soir	556,20	8 à 6 h. matin	554,26
12 à 6 h. soir	563,03	13 à 4 h. soir	560,84
16 à 10 h. s., 17 à 10 h. m.	573,94	20 à 8 h. soir	545,26
21 à 10 h. soir	558,39	23 à 2 h. après midi	553,07
25 à 8 h. matin	559,79	26 à 6 h. matin	555,93
28 à 10 h. soir	565,05	29 à midi	561,24
31 à 10 h. matin	569,21		

SAINT-BERNARD. — JANVIER 1868.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum*	Température C. Maximum*	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.		Clarté moy. du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim				
1	550,30	—10,51	549,88	551,29	—17,79	— 8,68	—19,3	—16,0	.....	....	......	SO.	1	0,36
2	551,00	— 9,78	550,57	551,76	—12,60	— 3,46	—13,6	—12,1	.....	.....	......	SO.	1	0,86
3	551,69	— 9,07	549,59	553,60	— 7,82	+ 1,36	— 9,1	— 7,0	130	7,2	20	SO.	1	1,00
4	554,65	— 6,09	553,56	555,29	— 9,38	— 0,17	—10,0	— 7,3	110	7,9	16	SO.	1	1,00
5	553,71	— 7,01	553,05	554,75	—12,55	— 3,31	—14,3	— 9,7	.....	.....	......	NE.	1	0,37
6	555,72	— 4,98	554,72	556,20	—12,83	— 3,56	—14,6	—11,2	.....	.....	......	NE.	1	0,21
7	555,48	— 5,20	555,23	556,01	—12,72	— 3,43	—14,0	—10,1	.....	.....	......	NE.	1	0,14
8	555,92	— 4,74	554,26	558,00	—12,63	— 3,31	—14,9	—10,0	.....	.....	......	NE.	1	0,64
9	560,32	— 0,32	558,94	561,05	—11,29	— 1,94	—13,4	— 9,1	.....	.....	......	NE.	1	0,02
10	560,01	— 0,61	559,66	560,53	—10,99	— 1,62	—12,0	— 8,5	.....	.....	......	NE.	1	0,04
11	561,65	+ 1,05	561,09	562,06	— 7,31	+ 2,08	—10,5	— 5,3	.....	.....	......	NE.	1	0,00
12	562,49	+ 1,91	561,73	563,03	— 6,23	+ 3,18	—10,0	— 2,7	.....	.....	......	NE.	1	0,87
13	561,55	+ 0,99	560,84	562,53	— 6,20	+ 3,23	— 8,1	— 3,0	.....	.....	......	SO.	1	0,86
14	565,40	+ 4,86	562,90	567,12	— 7,91	+ 1,53	—10,7	— 5,0	10	3,5	4	NE.	2	0,87
15	568,80	+ 8,28	567,59	569,64	— 2,22	+ 7,23	— 3,6	+ 0,3	.....	.....	......	NE.	1	0,98
16	572,02	+11,52	569,91	573,94	— 5,62	+ 3,84	— 7,0	— 4,5	.....	.....	......	NE.	1	0,33
17	573,06	+12,58	572,31	573,94	+ 2,03	+11,50	0,0	+ 5,6	.....	.....	......	NE.	1	0,08
18	566,84	+ 6,38	563,03	569,41	— 0,22	+ 9,26	— 1,4	+ 2,8	.....	.....	......	variable		0,11
19	554,95	— 5,49	552,37	557,87	— 6,25	+ 3,24	— 9,7	— 3,7	97	6,6	17	variable		1,00
20	546,72	—13,70	545,26	551,06	— 7,09	+ 2,40	— 8,3	— 3,8	110	8,0	20	SO.	2	1,00
21	555,55	— 4,85	550,65	558,39	—12,13	— 2,63	—15,2	—10,6	.....	.....	......	NE.	3	0,73
22	556,22	— 4,16	555,29	557,34	— 6,74	+ 2,76	— 9,6	— 4,7	110	6,8	15	variable		0,96
23	553,23	— 7,12	553,07	553,68	— 9,63	— 0,13	—11,3	— 5,8	.....	.....	......	NE.	1	0,37
24	556,71	— 3,62	553,77	559,04	—15,31	— 5,81	—16,4	—13,0	.....	.....	......	NE.	3	0,67
25	558,18	— 2,13	556,71	559,79	— 8,00	+ 1,50	— 9,8	— 6,1	.....	.....	......	NE.	1	0,16
26	557,00	— 3,29	555,93	558,16	—11,73	— 2,23	—12,3	—10,2	.....	.....	......	NE.	2	0,98
27	561,94	+ 1,67	559,50	563,65	—13,27	— 3,78	—14,9	—10,7	40	3,2	6	NE.	1	0,67
28	564,45	+ 4,20	563,55	565,05	— 8,95	+ 0,54	—13,6	— 5,5	.....	.....	......	NE.	1	0,00
29	562,45	+ 2,22	561,24	565,96	— 9,03	+ 0,45	—14,7	— 2,9	30	1,3	5	NE.	3	0,97
30	567,60	+ 7,39	566,25	568,58	— 9,21	+ 0,26	—12,6	— 4,9	.....	.....	......	NE.	2	0,19
31	568,61	+ 8,41	568,41	569,21	— 2,42	+ 7,03	— 4,1	0,0	.....	.....	......	NE.	1	0,02

* Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées depuis 6 heures du matin à 10 heures du soir, le thermométrographe étant hors de service.

MOYENNES DU MOIS DE JANVIER 1868.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	554,23	554,71	555,05	554,68	554,66	554,89	555,08	555,45	555,56
2e «	563,70	563,81	564,05	563,61	563,07	563,21	563,08	563,03	562,97
3e «	559,11	559,63	560,02	560,01	560,13	560,36	560,63	560,93	561,17
Mois	559,02	559,39	559,72	559,45	559,31	559,52	559,63	559,84	559,94
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	—12,36	—12,77	—12,49	—10,92	—10,51	—11,23	—12,15	—12,45	—12,36
2e «	— 5,34	— 4,68	— 4,10	— 3,41	— 3,10	— 4,60	— 4,92	— 5,39	— 5,48
3e «	— 9,93	— 9,82	— 9,20	— 8,23	— 8,37	— 8,89	—10,36	—10,72	—10,26
Mois	— 9,23	— 9,11	— 8,62	— 7,54	— 7,36	— 8,26	— 9,18	— 9,56	— 9,40

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	—13,52	—10,10	0,46	15,1	240
2e «	— 6,93	— 1,93	0,61	18,1	217
3e «	—12,23	— 6,76	0,52	11,3	180
Mois	—10,96	— 6,28	0,53	44,5	637

Dans ce mois, l'air a été calme 15 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 3,95 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 64,5 sur 100.

* Voir la note du tableau

DESCRIPTION GÉOGNOSTIQUE ET MINIÈRE

DES

FILONS DU KINZIGTHAL

Ce travail a paru dans un vaste recueil de documents sur la statistique intérieure du grand-duché de Bade, publié par le ministère du commerce[1]. On y trouve une description extrêmement complète des gîtes métallifères du Kinzigthal qui prolongent dans le grand-duché de Bade la formation tout analogue de la Forêt-Noire würtembergeoise. Cette étude, faite sur le plan le plus vaste, embrasse des points de vues très-variés. Les questions géologiques, technologiques et industrielles que soulèvent ces gisements métalliques y sont traitées dans tous leurs détails à côté d'un historique extrêmement complet des nombreuses exploitations, dont ce district a été le théâtre depuis les temps les plus reculés[2].

Nous ne nous occuperons ici que de la partie géologique de cet ouvrage, dont les précieux renseignements jettent un jour tout particulier sur la théorie des filons, leur âge et leur mode de remplissage.

[1] Beiträge zur Statistik der inneren Verwaltung des Grossherzogthums Baden, 21tes Heft. Geognostisch-bergmännische Beschreibung des Kinzigthaler Bergbaues. Carlsruhe, 1865, in-4°, avec cartes.

[2] Les plus anciens documents relatifs à ces mines datent de l'an 1284, époque à laquelle le roi Henri VII concéda au comte Engeno de Fribourg tous les cours d'eau ainsi que les mines du Kinzigthal, pour en extraire l'or et l'argent. Depuis lors, les filons de ce district ont toujours été exploités avec des chances diverses, et ils ne paraissent point encore épuisés.

Malheureusement la lecture de ce livre si substantiel, est rendue fatigante à l'excès, moins encore par la masse de détails trop minutieux dont il est rempli que par une rédaction un peu diffuse, et par un style embarrassé mainte fois jusqu'à l'obscurité.

L'étude des formations minières n'offre, comme on le sait, que peu de faits généraux. Qui dit filons dit étude de détails, l'exception venant sans cesse infirmer la règle; faits spéciaux très-variés, mais sans liaison apparente. Le mérite du travail que nous allons essayer de traduire en le résumant est d'avoir démêlé l'écheveau de ces innombrables détails, et de les avoir groupés de manière à en faire ressortir par une méthode fort ingénieuse les faits généraux qui permettent de formuler une théorie positive et rationnelle de l'origine des filons. Quoique établi en grande partie sur des travaux antérieurs, il constitue, cependant, une étude d'ensemble fort importante. Tout en appliquant nos efforts à éviter les écueils que nous venons de signaler, il nous sera impossible de ne pas tomber dans des descriptions arides et parfois minutieuses, attendu que le sujet ne saurait se dépouiller complétement de ce caractère.

I. Constitution géologique du district minier du Kinzigthal.

La constitution géologique du district des mines du Kinzigthal se devine déjà aux formes du paysage. Des groupes suivis de mamelons, de longs escarpements, trahissent avant tout la présence du gneiss, qui forme, en effet, la base de tous les terrains. Mais cette formation est percée par des granits et du porphyre éruptifs, et se trouve de plus recouverte sur une grande étendue de ses crêtes par les grès bigarrés.

Le gneiss apparaît sur toute la partie nord-ouest du bassin de la Kinzig; dans la partie orientale il enchâsse de puissants filons de granit, et cette roche le remplace même complétement dans la partie sud-ouest, tandis que les lignes de partage des eaux sont occupées par les grès bigarrés.

TERRAIN DU GNEISS.

Quelle que soit l'uniformité apparente des gneiss, ils varient cependant beaucoup dans leur structure. La roche principale se compose d'une orthose jaunâtre, de quartz gris et de mica noir. Sa structure est granulo-schistoïde, et l'on rencontre souvent l'oligoclase verdâtre à côté de l'orthose. Les variétés de ces gneiss sont très-nombreuses, plus ou moins stratifiées, schistoïdes ou, au contraire, granitoïdes, presque porphyroïdes, devenant rougeâtres avec structure bacillaire. Près de Haussach, ils prennent la structure pegmatoïde avec de gros cristaux d'oligoclase et de quartz gras; c'est là leur structure granitoïde extrême. L'extrême contraire se trouve dans un gneiss passant au thonschiefer ferrugineux, qui borde le district argentifère de Wittichen.

La décomposition des gneiss, surtout au voisinage des filons métallifères est fort remarquable. L'orthoclase devient mate; le mica passe au verdâtre ou au jaune doré, mais l'oligoclase résiste plus longtemps. A mesure que la roche prend une apparence plus kaolineuse, elle pâlit; l'oligoclase se transforme en petites parcelles de pinitoïde[1] et sur la cassure principale se montre une nouvelle formation de mica argenté, en petites paillettes; enfin, il ap-

[1] Silicate d'alumine et de potasse avec oxyde de fer, chaux et magnésie.

paraît de petites pyrites de fer et même de cuivre, ainsi que des lamelles de galène. Cette variété de la roche encaisse un grand nombre de filons. Il est à remarquer que le mica brun, probablement à base de fer, y résiste souvent très-longtemps, lors même que le feldspath est converti en une masse verdâtre à éclat gras.

Quant aux mélanges accessoires, l'amphibole y est si fréquente qu'elle forme quelquefois des gneiss amphiboliques; on y rencontre même de la diallage en paramorphose, de l'augite, ainsi que du grenat (formant probablement la roche nommée *éclogite*).

L'oligoclase, lorsqu'elle se rencontre, doit être considérée comme un élément essentiel et non point comme un simple accident de la roche. On peut encore noter comme dépendance du gneiss quelques petites couches de kaolin, qui sont minéralogiquement parentes de l'orthose, puis un grand nombre de minéraux accidentels, tels que la fibrolite, l'andalousite, la cordiérite, l'épidote, etc. Comme membres subordonnés du gneiss on trouve la dolomie disposée par petits bancs; des roches dioritiques, la serpentine qui paraît être due à une modification particulière du gneiss et qui offre elle-même de nombreuses variétés.

Granits enchâssés dans le gneiss. Comme formation subordonnée quoiqu'indépendante en elle-même, on rencontre dans les gneiss d'innombrables gisements de granit, soit en filons, soit en massifs. Les filons, en général peu puissants, se composent ordinairement d'une roche à grains fins, à mélange régulier de quartz gras grisâtre et d'orthose blanche ou rouge pâle, par-ci par-là aussi d'oligoclase couleur de chair, où sont disséminées avec parcimonie des paillettes de mica noir, vert ou argenté; ac-

cidentellement aussi des tourmalines rayonnées, de la pinite[1] en petits cristaux et de l'orthite en grains.

A côté de ces granits à grains fins, on rencontre aussi des filons à gros grains, composés d'orthoclase jaune ou rouge en forme de baguettes, de quartz gris à éclat gras et de mica brun ou vert. Au Rappenstein on voit, dans une carrière, les deux variétés de granit juxtaposées, enchâssant des fragments du gneiss qu'elles ont percé. Enfin, l'on connaît des filons d'un granit gneisseux et porphyroïde, à gros grains, fortement décomposé, et riche en feldspath, qui traversent près de Bollenbach un gneiss grenu, rubanné, à feuillets très-contournés.

Le granit en massifs qui s'observe à Neuenbach et dans la colline du château de Haussach a une apparence différente. Il se distingue par la prédominance d'un mica brun-noirâtre, qui se trouve aussi cristallisé en tables à six pans, et qui est probablement magnésien. Cette roche renferme beaucoup de quarz gris foncé, à grains fins, très-peu d'orthose blanche.

A l'est et à l'ouest ces granits se continuent sous forme de filons d'une contexture à grains fins, riches en oligoclase rouge. Dans la vallée de Einbach, ils prennent un caractère syénitique par la présence d'une oligoclase verdâtre et d'une amphibole verte foncée. Du reste, les variétés de ces granits sont nombreuses.

Le *porphyre* forme trois filons dans la vallée de Wallestein et perce aussi dans quelques autres localités. Il se compose d'une masse grisâtre ou violette (felsitique), renfermant des grains de quartz gris, de petits cristaux d'orthose fendillés, parfois de l'oligoclase décomposée en petites écailles et des points pyriteux.

[1] Silicate d'alumine et de potasse.

Les *quarzites* apparaissent aussi sous la forme de filons enchâssés dans le gneiss; il en est un très-grand sur la berge droite de la vallée de la Kinzig. Ces filons de quartzite semblent avoir quelques relations géologiques avec les filons de porphyre et certains filons métallifères.

Filons métallifères. La plupart de ces derniers traversent le gneiss; tels sont, en particulier, les filons quartzeux et barytiques avec cuivre, plomb, chaux carbonatée, argent, quartz noble et fer hydraté. La distribution en est très-singulière. Dans la partie nord-est, ils sont nombreux et rapprochés; dans la partie ouest on en trouve encore quelques faisceaux, tandis qu'au sud les gneiss sont entièrement stériles. Cette distribution est évidemment en rapport avec celle des roches éruptives et granitiques, qui ont produit de nombreuses dislocations où se sont logés les filons. Partout, au contraire, où manquent les roches éruptives, les filons métallifères font presque complétement défaut. On peut aussi attribuer cette pauvreté locale à la nature défavorable de certaines roches, en particulier des gneiss rouges; mais de toute manière les filons semblent intimement liés aux roches éruptives, comme le prouve leur distribution dans les granits.

TERRAIN DU GRANIT.

L'angle sud-est du district métallifère est occupé par une partie du grand massif granitique de la Forêt-Noire. Sur ses limites, cette masse est accompagnée ou longée par trois grands filons granitiques, qu'il faut bien distinguer de la masse principale. Celle-ci, qui présente de magnifiques rochers moutonnés, est formée de grains moyens, composés d'orthose rougeâtre avec peu d'oligoclase à

quartz gras et d'un mica peu abondant noir ou brun, moins souvent verdâtre ou blanc; très-rarement accompagné de quelques grains de pinite. Le massif de Schapbach et celui de la partie supérieure de la vallée sont presque esclusivement composés de granits porphyroïdes, où l'on trouve d'assez grandes bandes d'orthose blanche.

Dans les vallées latérales on rencontre un granit bien différent, caractérisé par une oligoclase se décomposant en pinitoïde jaunâtre, de l'orthoclase, un peu de quartz grisâtre et de mica de variété pâle; le tout formant un ensemble porphyroïde. Cette roche est un peu tabulaire; elle apparaît sur la rive droite du Wittichthal et ailleurs; il est probable qu'elle forme des amas et des filons dans le granit à gros grains, et qu'elle est par conséquent plus jeune. Cependant, on observe beaucoup de passages de ce granit riche en pinitoïde, au granit porphyroïde. Il paraît en relation avec des filons de cobalt et d'argent, lesquels ne valent, en effet, la peine d'être exploités que lorsqu'ils traversent le granit à pinitoïde. On observe que leur richesse métallique est proportionnelle à la richesse en pinitoïde et à la pauvreté en quartz de la roche encaissante.

Un granit, à grains fins, apparaît partout en filons étroits, coupant le granit à gros grains et à grains moyens. Il est pâle, pauvre en mica. On trouve aussi une variété pegmatiforme à très-gros éléments. Près Schenckenzell, elle a une apparence graphique, contenant du mica feuilleté en grosses lamelles groupées en étoiles. On trouve aussi, au Hauenstein, un banc de kaolin intercalé dans les granits.

Comme roches subordonnées il se présente dans la masse principale des granits et dans les granits porphy-

roïdes des filons étroits de porphyres felsitiques[1], se liant quelquefois à une formation brécheuse.

Dans la vallée de Kirnbach la limite du gneiss et du granit est traversée par un filon de porphyre dont la pâte gris-verdâtre, mêlée de quelques petits grains de quartz enfumé, est presque effacée par la masse des cristaux de feldspath rougeâtre, mêlés de quelques cristaux verdâtres.

Enfin, dans le granit on doit encore signaler une petite masse de *basalte colonnaire* qui apparaît près de Niederhauenstein, et qui offre des particularités de contact intéressantes.

Les *filons métallifères* des granits ne se distinguent pas seulement des filons du gneiss. Ils se distinguent également entre eux par la nature de leur roche encaissante. Comme on l'a vu, les granits riches en pinitoïde sont caractérisés par des filons de cobalt et argent, tandis que les variétés à gros grains, chargés d'oligoclase, le sont par le peroxyde de fer et le manganèse. Le granit à grains moyens et porphyroïde, est seul à enchâsser des filons barytiques imprégnés de cuivre, dont la plupart ne se distinguent que par leur pauvreté.

TERRAIN DES GRÈS ROUGES.

Dans plusieurs localités du Kinzigthal, sur les flancs de la vallée, composées de roches primitives, on rencontre cette formation avant d'atteindre les grès bigarrés. Les grès rouges reposent souvent en assises puissantes sur les granits, mais ils forment aussi des anses dans les gneiss, remplissant les dépressions et les bassins dont les plus remarquables se voient sur le Flachberg.

Ce terrain se divise en deux étages.

[1] La *felsite* est un feldspath compact.

L'étage inférieur est composé d'un conglomérat rouge de cailloux roulés de granit, quartz, porphyre-quartzifère, unis par une pâte ferrugineuse de détritus. On y rencontre des blocs de bois silicifié.

L'étage supérieur est formé d'un conglomérat à grains fins, violet, très-riche en oxyde de fer, passant au grès grossier ; il doit son apparence à des cailloux de porphyre gris-verdâtre avec cristaux de pinite, et de porphyre violet avec cristaux d'orthoclase et grains de pinitoïde jaune mêlés de petits grains de kaolin blanc, qui donne au tout un aspect porphyroïde ou moucheté. De nombreuses vacuoles sont tapissées de lamelles de fer oligiste chargées de petits cristaux de quartz. Accidentellement cette roche est tellement pénétrée d'oxyde rouge de fer et enchâsse une si grande quantité de galets de peroxyde de fer terreux qu'on peut l'exploiter utilement.

Les grès rouges apparaissent tout le long de la chaîne qui forme la berge gauche de la vallée de la Kinzig, et atteignent au-dessus des granits jusqu'à cent pieds d'épaisseur. Au contact du granit, on trouve en général une arkose grossière qu'on pourrait presque confondre avec du granit. Plus haut la roche est traversée par des bancs de jaspe avec des amas et des taches de dolomie cristalline ; celle-ci devient toujours plus abondante dans les couches supérieures, à mesure qu'elles prennent le caractère du grès, et forme enfin une couche de dolomie qui termine le terrain dans sa partie supérieure. Cette dolomie renferme des parcelles de jaspe rouge et des fragments d'un conglomérat formé d'éléments granitiques.

Les grès rouges sont traversés près du Schwarzenbruch par un filon de cuivre barytique qui, dans sa partie supérieure, devient fer hydraté et qui est, à son tour, coupé par un filon de cobalt et argent.

TERRAIN DES GRÈS BIGARRÉS.

Cette formation s'étend, depuis le massif principal du mont Kniebis, sur toutes les crêtes qui séparent la vallée de la Kinzig du Renchthal et de la vallée du Schapbach, ainsi que sur le grand plateau qui se prolonge de la rive gauche de ce dernier jusqu'au Schremberg; au delà elle n'apparaît plus que par îlots isolés. La distribution en est fort remarquable: sur la rive gauche de la Kinzig elle se trouve à 2400 pieds d'altitude; sa base, du côté du nord-est, se relève sur les trois chaînes jusqu'à 2600 pieds et s'abaisse vers le Kniebis jusqu'à 2100 pieds. Sur les sommités de granit et de gneiss, à l'ouest de la vallée de Gutach, elle ne descend pas au-dessous de 3000 pieds, tandis qu'ailleurs elle apparaît déjà à une altitude de 1850 pieds. Ces différences de niveau dans des gisements uniformes indiquent qu'il s'est opéré des soulèvements après la formation des grès bigarrés. L'épaisseur de ces terrains varie de 1100 à 250 pieds.

Le premier étage est formé d'un grès fin, grisâtre, avec taches de manganèse, sur lequel reposent des couches d'un grès fin et rougeâtre. Toutefois, ces dernières sont le plus souvent remplacées par une couche à gros grains, caractérisée par de nombreux cailloux de quartz avec très-peu de pâte; elle alterne avec un grès jaunâtre siliceux, à ciment quartzeux.

Le second étage, remarquable par sa puissance et son étendue, est un grès argileux rouge, jaune, rubanné, mêlé de fragments de feldspath rouge et de kaolin avec des noyaux d'argile colorée. Dans toute la partie inférieure de la vallée de la Kinzig, on ne voit que ces étages qui correspondent au grès des Vosges; mais sur les hauteurs de la partie supérieure de la vallée et au Kniebis,

on rencontre un troisième étage formé par des grès schistoïdes micacés, et qui appartiennent au terrain des grès supérieurs.

Les grès bigarrés ne se montrent pas fréquemment en couches géologiques, mais ils couvrent la surface du sol sous la forme d'immenses amas de blocs. Cet état de la roche paraît se poursuivre jusqu'à une certaine profondeur : il donne naissance à d'innombrables sources et favorise la végétation des forêts, en sorte que la limite de celles-ci marque le plus souvent aussi celle du terrain.

L'étage du grès des Vosges est traversé par divers filons métalliques appartenant aux formations cobalt-argent, quartz-cuivre, baryte-cuivre, avec braunspath[1] à la surface.

II. Des filons métalliques.

APERÇU GÉNÉRAL ET CLASSIFICATION DES FILONS.

Les filons de la vallée de la Kinzig sont disposés par faisceaux en trois groupes, dont le plus grand court au nord-ouest, formant un angle droit avec l'axe de soulèvement de la Forêt-Noire ; un second faisceau court nord-est ou parallèlement à cet axe ; un troisième va presque nord-sud. La direction des filons n'est point ici, comme ailleurs, réglée par les axes de soulèvement, mais chacun des trois groupes et quelle que soit sa direction, coupe, au contraire, à angle droit l'axe des vallées principales et court plus ou moins parallèlement aux vallées latérales.

Ainsi, de Offenburg à Hasslach, la vallée est dirigée nord-ouest ; les vallées latérales, nord-est ; dans cette partie du district, c'est le deuxième groupe qui domine courant nord-est-sud-ouest. Entre Hasslach et Wolfach la

[1] Chaux carbonatée manganésifère et ferrifère.

vallée principale a une direction est-ouest, les vallées latérales, nord-sud; ici c'est le troisième groupe qui se trouve développé suivant la direction nord-sud. Enfin, le premier grand groupe qui court nord-ouest s'étend précisément là où la vallée principale, qui se divise en deux branches, court nord-est, tandis que les vallées latérales ont une direction nord-ouest. Ainsi les filons du Kinzigthal sont placés, en général, à angle droit sur la direction des vallées principales et courent parallèlement aux vallées latérales.

Cette circonstance, qui a permis d'atteindre la plupart des filons par des galeries transversales, en partant des vallées latérales, est d'une véritable signification géologique si on la rapproche de la distribution et de la direction des roches éruptives qui percent le gneiss; d'autant plus que les filons des trois groupes diffèrent, non-seulement par leur direction, mais aussi par leur âge et dans leur composition minéralogique, en un mot qu'ils appartiennent à des *formations différentes.*

1° Le groupe à direction nord-est occupe des gneiss très-riches en loupes quartzeuses, percés par de nombreux filons de quartz et de porphyre quartzifère. Il se compose de filons presque exclusivement formés d'un *quartz* cristallin amorphe blanc ou gris, chargé de *minerais d'argent* et par places antimonieux. Les filons de cette catégorie sont, sans contredit, les plus anciens et doivent être rangés dans la même formation que les filons quartzeux de Freiberg, parmi celle des *quartz nobles.*

2° Le groupe à direction sud-est, qui longe de grandes masses granitiques, disposées elles-mêmes en forme de filons, se rencontre sur une largeur de cinq à six lieues; il se compose de filons *barytiques,* modifiés suivant la roche encaissante. Dans le domaine du gneiss la baryte

est souvent remplacée par du quartz saccharoïde avec minerais de plomb et de cuivre. Dans les masses principales du granit à grains fins ou porphyroïde et pauvre en oligoclase, c'est au contraire la baryte qui domine avec des minerais de cuivre peu abondants. Enfin, dans le domaine des granits plus jeunes et riches en oligoclase, le cobalt et l'argent s'ajoutent à la baryte. Les filons barytiques cuivreux passent d'un côté à la forme quartz-cuivre-plomb, d'un autre côté à la forme cobalt-argent et ne doivent, par conséquent, pas être envisagés comme une formation indépendante, mais seulement comme un membre intermédiaire entre les deux autres formations qui, du reste, n'apparaissent sporadiquement que dans les filons barytiques, et qui ont presque le même âge. Il est donc convenable de réunir les filons baryte-cuivre aux filons quartz-cuivre-plomb, et de n'en former qu'une seule formation *baryte-cuivre-plomb*, à côté de laquelle on distinguera une formation barytique indépendante caractérisée par le cobalt et l'argent.

3° Les filons du groupe nord-sud occupent minéralogiquement et chronologiquement la même place que dans la topographie ; ils sont intermédiaires entre le faisceau nord-est et le faisceau sud-est, et servent ainsi de lien entre la formation des quartz-nobles et la formation cuivre et plomb. Ces filons offrent tous une galène riche en argent, accompagnée de minerais d'argent subordonnés, et ces minerais se relient d'un côté au braunspath et à la chaux carbonatée, de l'autre à la chaux fluatée et à la baryte. La présence de la galène argentifère dans les filons du troisième groupe indiquent que ceux-ci doivent être classés dans la formation dite *des plombs argentifères*.

Les trois faisceaux ou groupes de filons peuvent donc se définir comme suit :

1er *groupe:* direction N.E.-S.O: formation des *quartz nobles* (argentifères).

2me *groupe*: direction N.O-S.E. : formation cuivre-plomb:
- *a*) dans le gneiss: formation quartz-plomb-cuivre;
- *b*) dans le granit: formation baryte-cuivre;
- *c*) dans le granit: formation baryte-argent-cuivre.

3me *groupe:* direction N.S.: formation de la *galène argentifère,* avec braunspath, et variété avec spath-fluor et baryte.

Outre les trois groupes qui viennent d'être indiqués, on rencontre encore au Frohnbach, dans la Forêt-Noire, une formation de filons indépendante et parfaitement isolée, où les minerais d'argent antimonieux les plus riches se marient avec la *chaux carbonatée* et la baryte. Cette formation doit être envisagée comme étant d'un âge intermédiaire entre la formation des quartz nobles et celle du plomb argentifère.

On connaît, enfin, encore une autre formation, subordonnée et circonscrite aux régions supérieures des formations indépendantes. Elle est composée de fer hydraté formant, pour ainsi dire, une couverture de fer aux filons plomb-cuivre, de même que le peroxyde de fer et le manganèse apparaissent dans les gisements supérieurs des filons barytiques à cuivre et cobalt. La formation subordonnée du fer hydraté appartient au domaine du gneiss, celle de cuivre-cobalt à celui du granit.

Un grand nombre de filons n'offrent pas de caractères particuliers; leur remplissage n'est formé que par des roches décomposées et des argiles renfermant seulement par place du quartz cristallin et des pyrites de fer. Ces formations peu caractérisées s'inclinent vers l'est (entre l'est et le nord-est). On doit probablement en rapprocher des filons argilleux imprégnés de fer hydraté qui apparaissent dans la partie sud du Kinzigthal.

Il convient, pour plus de clarté, de donner ici le tableau complet des formations métallifères du Kinzigthal, classées non plus par groupes topographiques, mais dans leur succession minéralogique naturelle et suivant leur ordre d'ancienneté :

1.	Formation des quartz nobles (filon du premier groupe, courant N.E.).			
2.	»	de chaux carbonatée argentifère (formation intermédiaire).		
3.	»	de galène argentifère.	*a*) accompagnée de braunspath. . . . . *b*) accompagnée de spath-fluor et baryte	filon du troisième groupe, courant N.S.
4.	»	cobalt-argent. Filons du troisième groupe, dans les granits jeunes, riches en oligoclase.		
5.	»	cuivre-plomb,	*a*) filons barytiques cuivreux, dans le granit pauvre en oligoclase . . *b*) filons barytiques, avec quartz, cuivre, plomb, dans le gneiss. . . *c*) filons quartzeux avec cuivre et plomb, dans les variétés du gneiss.	filons du 2me groupe, courant S.E.
6.	»	de fer oligiste et manganèse . .	formation annexe couronnant les filons de la cinquième formation.	de la variété *a*.
7.	»	de fer hydraté		de la variété *b*.
8.	»	sans caractère déterminé.		

Chacune de ces formations va être étudiée séparément.

1. Formation des quartz nobles.

Elle est surtout circonscrite dans un gneiss remarquable par l'abondance de ses loupes quartzeuses ; ce gneiss a été injecté par des porphyres quartzifères, et probablement presque aussitôt après par des masses de quartz en filons et en amas.

Les filons appartenant à cette formation sont assez nombreux et atteignent leur plus grand développement et leur plus grande richesse dans celui de Friederich Christian à Wild-Schapbach. Leur direction oscille entre le nord-est et le nord, avec une inclinaison de 60 à 90 degrés. La gangue en est extrêmement dure. Le remplissage est formé d'un quartz gris corné, et blanc cristallin, auquel s'associent un peu de chaux carbonatée et rarement du fer hydraté avec pyrites disséminées, de l'argent natif, arséniqué, antimonial, etc., disséminés dans la gangue par très-petites quantités, ainsi que divers autres minéraux accidentels. Au voisinage des filons le gneiss est décomposé, pâle, imprégné de pyrite de fer. Les minerais renferment, dans certains filons, une petite quantité d'or (0,0109/00, suivant le docteur Low). Ces filons sont peu productifs, vu la dissémination du minerai, son entretien et ce qu'il en coûte pour l'extraire et le réduire.

Il convient de donner ici quelques exemples de la chronologie des minéraux constitutifs des filons, attendu que cette étude jette plus de jour qu'aucune autre sur l'âge des gisements et sur leur origine. Dans les filons de la formation des quartz nobles, on distingue la série suivante, établie d'après l'ordre dans lequel les substances sont greffées les unes sur les autres, en commençant par les plus anciennes :

1° Quartz corné gris avec pyrites et minerais d'argent parfois aussi d'antimoine;

2° Spath fluor;

3° Quartz blanc cristallin, cristallisé dans des géodes avec des pyrites de fer, de cuivre et du plomb sulfuré;

4° Chalcédoine blanche tapissant les minéraux précédents;

5° Chaux carbonatée en masses cristallines, amorphes, blanches ou rougeâtres;

6° Braunspath en rhomboèdres courbés, fixé sur la chaux carbonatée.

2. Formation de la chaux carbonatée argentifère.

Ce groupe n'est représenté que par le seul filon de Wenzel, situé dans le Frohnbach, et célèbre par sa richesse en argent. Il offre des ondulations nombreuses aussi bien dans sa direction que dans son inclinaison. Il court à peu près sud-sud-ouest et il tombe à 70 ou 80 degrés, tantôt à l'est, tantôt à l'ouest; il passe même par places à l'état de couche intercalée entre les couches de gneiss inclinées à 35 degrés, et lorsque cet accident se présente, il augmente même beaucoup en richesse. Son corps, de 1 à 2 pieds de diamètre, se ramifie et se fond dans la roche encaissante; le remplissage n'est pas compacte, mais il est formé d'un réseau de petits amas et de veines de roches décomposées qui serpentent dans la roche encaissante, ou d'une brèche de roche décomposée, empâtant divers minéraux. Cette structure, qui n'est pas rare dans les filons à cobalt, explique le phénomène de l'imprégnation des roches encaissantes par la gangue et le minerai. Les substances qui concourent au remplissage sont surtout: la baryte; la chaux carbonatée

hyaline, jaune, verte, violette, à l'état amorphe et formant le ciment des débris de gneiss, ou bien cristallisée en géodes ou de diverses manières; le braunspath en incrustations. Le quartz cristallin, ou corné, ou en pseudomorphoses, est déjà très-subordonné. Le spath fluor, le gypse, existent comme produits secondaires. Enfin, on y remarque une immense variété de minéraux métalliques, parmi lesquels les plus caractéristiques sont :

Le cuivre gris argentifère, toujours associé à la chaux et à la baryte, riche mais variable, cristallisé suivant diverses formes du tétraèdre.

Le plomb sulfuré, cristallisé et argentifère.

L'argent antimonié, cristallisé ou dentritique; en grains, noueux, etc., ou fibreux, ou en cristaux accouplés, mais toujours associé à la chaux, à la baryte, à la galène ou au cuivre gris et à l'argent rouge qui forme l'écorce des nodules.

L'ordre de succession des minéraux, que nous donnerons encore ici pour exemple, semble être le suivant[1] :

1. *Quartz gris corné* (a) avec antimoine carbonaté, etc.

2. *Quartz blanc cristallin* (b), fixé sur le précédent en agrégats, très-subordonné.

3. *Chaux carbonatée* (a) en masses amorphes, blanche ou violette, en masses isolées ou comme ciment des fragments de gneiss avec cuivre gris argentifère disséminé, argent antimonial et galène.

4. *Braunspath* (a) formant une croûte brune-rouge sur la chaux carbonatée (a), ou amorphe, formant le ci-

[1] Les lettres *a*, *b*, *c* indiquent les générations successives d'une même substance.

ment de fragments de gneiss, avec galène, cuivre gris et fer oligiste.

5. *Baryte* (a) blanche à cassure lamellaire, cristallisée en amas ou servant de lien à des fragments de gneiss, avec cuivre gris, galène, argent natif, antimonié et carbonaté, pyrites, etc.

6. *Quartz* (c) très-subordonné, grenu, en pseudomorphoses de la baryte et cristallisé ou comme corrodé.

7. *Spath fluor*, cristallisé avec pyrites de cuivre.

8. *Braunspath* (b) en cristaux lenticulaires jaune isabelle tapissant la baryte.

9. *Chaux carbonatée* (b) cristallisée en scalénoèdres, rhomboèdres aigus, fixés sur le braunspath, plus rarement sur la baryte et le quartz.

10. *Braunspath* (c) en petits cristaux jaunes-pâles nacrés, souvent arqués en forme de selle, presque toujours fixés sur la chaux carbonatée (b).

11. *Baryte* (b) gris-bleu en lamelles délicates fixées sur le quartz (c), rare.

12. *Gypse* en masses spathiques sur le quartz et le braunspath.

Les n°s 7-12 ne se présentent qu'en géodes ou en agrégats associés à l'argent, et ont peu d'importance pour la détermination de l'âge de cette formation caractérisée par le cuivre gris et l'argent. Les n°s 1-2 sont ainsi très-subordonnés et ne se sont présentés que dans certaines ramifications des filons, de même que le n° 7. Les plus importants sont les n°s 3-6.

Ceux-ci montrent que la formation de Wenzel est d'un âge intermédiaire entre la formation des quartz nobles et celle des plombs argentifères.

Influence de la roche encaissante sur la richesse du filon.

M. Selb accorde à la roche encaissante une grande influence sur la richesse métallique de ce filon ; c'est à cette influence, suivant lui, qu'il faut attribuer la présence d'un amas très-riche, placé sur le parcours d'un filet étroit, aussi bien que la pauvreté de tout ce qui est situé au-dessus ou au-dessous de ce gîte, au sud comme au nord. En effet, dans la première variété de gneiss qu'on rencontre en commençant par le haut, variété riche en mica et à grosses veines, le filon avait été trouvé réduit à l'état d'un simple filet, tandis qu'en traversant la seconde variété, composée d'une masse de feldspath peu ou pas schistoïde, verdâtre, avec un peu de mica et d'amphibole, il atteint sa plus grande richesse; puis, ensuite, en coupant dans la profondeur un gneiss schistoïde à grains fins, imprégné d'amphibole, avec bandes et noyaux de quartz, il devient complétement stérile ; et, enfin, en s'engageant dans une quatrième variété de gneiss, riche en feldspath et en mica, schistoïde à grains grossiers, il redevient métallifère, sans cependant atteindre la richesse qu'il offre dans la seconde variété.

La comparaison des nombreuses variétés des gneiss de Wenzel, dites nobles et stériles, conduit au résultat suivant : à la surface on trouve un gneiss grenu et écailleux, composé d'orthose blanche, de quartz jaune et de mica blanc, tandis qu'au nord ou au sud du puits de Wenzel on ne rencontre que des gneiss rouges à grosses veines et riches en feldspath.

Dans les gneiss dits nobles, la structure qui domine est grenue-veineuse, passant d'un côté au schistoïde, d'autre part au rubanné pourri ; c'est le quartz gris et

le mica qui dominent, ou aussi l'orthose à laquelle se joint, dans plusieurs variétés, l'oligoclase, et parfois, une amphibole foncée ou même de la pinite.

Les gneiss dits stériles ont une structure grossièrement rubannée, mais ils présentent aussi des variétés schistoïdes, granulées ou noduleuses. L'orthose domine, puis ensuite le quartz gris, ou le mica, en général foncé; l'oligoclase blanche ou décomposée en pinitoïde jaunâtre n'est pas fréquente, mais elle apparaît avec une structure porphyroïde en grosses parcelles blanches, striées en croix dans les variétés granulitiques; l'amphibole est rare aussi.

Les gneiss nobles enchâssent souvent des masses d'orthose rouge avec quartz; les gneiss stériles renferment des masses de quartz gras grisâtre; les variétés nobles sont imprégnées de pyrites de cuivre, de plomb sulfuré et de cuivre gris; les variétés stériles, seulement de pyrites de fer.

Le quartz, l'orthose et l'oligoclase subordonnés ne semblent avoir aucune signification quant à la nature des filons; par conséquent la grande différence qui sépare les deux variétés devrait, suivant Scherer, être mise sur le compte du mica. A la première catégorie appartiendraient les gneiss sous-siliceux, à la seconde les gneiss rouges sur-siliceux, ce qui, du reste, n'a pas encore été démontré par des analyses.

Les gneiss de Wenzel sont fréquemment parcourus par des filons de granit; on y remarque aussi des assises subordonnées d'une amphibolite semée de cristaux de mica brun, d'une diorite formée d'oligoclase grise et d'amphibole foncée avec des points pyriteux, et, enfin, d'une dolomie compacte gris-jaunâtre.

3. Formation de la galène argentifère.

Les filons de cette formation ont, à peu d'exceptions près, pour caractère constant une direction nord-sud et une inclinaison de 60 degrés à l'ouest (rarement à l'est). On y distingue deux variétés. (Voyez page 199.)

1° *Variété à Braunspath* (filons de Bernhardt, etc.). Elle est caractérisée par un remplissage consistant en débris décomposés de la roche encaissante qui fournit également le ciment qui unit les fragments. Les carbonates dominent dans les minerais, surtout le braunspath cristallin blanc-jaunâtre en double génération; la chaux carbonatée jaunâtre ou verdâtre, cristallisée en géodes; puis des carbonates de fer et de manganèse subordonnés, auxquels viennent s'associer la baryte lamellaire, le quartz saccharoïde, la serpentine grise et des rognons de jaspe rouge. En fait de minerais on ne rencontre en abondance que la galène argentifère, mais très-disséminée dans la roche décomposée qui forme la gangue, parfois aussi dans le braunspath et dans la baryte. A côté de ce minerai, on rencontre aussi la blende noire et brune, l'argent rouge et natif, etc. La succession de ces minéraux est : 1° fer hydraté amorphe; 2° baryte avec galène et pyrites; 3° quarz; 4° braunspath en cristaux lenticulaires; 5° chaux carbonatée cristallisée.

2° *Variété à spath fluor et baryte.* Celle-ci est plus jeune (filon de Gabriel, etc.). Le remplissage est surtout formé par un spath fluor jaunâtre avec une baryte cristallisée en lamelles courbées ou agrégées en forme de bourgeons; le tout mêlé d'une quantité plus ou moins grande de galène argentifère, accompagnée d'un grand nombre de minéraux très-subordonnés. Les deux substances princi-

pales sont les plus anciennes; elles datent du même âge et sont toujours mélangées; le quartz, plus récent, qui fait suite, remplace sans doute la baryte, et se trouve en effet cristallisé sur cette substance. La dissémination des minerais dans la gangue est un caractère que la présente formation partage avec celle des quartz nobles; mais elle est plus riche que cette dernière, parce que le minerai ne fait jamais entièrement défaut. Un seul de ces filons a paru digne d'être exploité; mais il est vrai de dire que la plupart ne sont encore que très-imparfaitement explorés.

4. Formation cuivre et plomb.

Ces filons sont incontestablement les plus importants par l'abondance et la présence soutenue du minerai et ils offrent d'autant plus d'avenir qu'on n'a point encore pénétré dans leur profondeur. Leur direction est sud-est-nord-ouest, assez variable; leur inclinaison est d'environ 70 degrés, oscillant entre le nord-est et le sud-ouest, souvent sur un même filon. Leur largeur est considérable, soit de 6 à 12 mètres.

Le remplissage est d'un caractère tout à fait barytique, quoique assez variable, vu les modifications dues à la roche encaissante et aux réactions complexes qui ont présidé à la formation de ces filons.

Première variété. Filons barytiques cuivreux des granits.

Dans cette variété, qui se rencontre dans un grand nombre de filons (Benedikt, Daniel, etc.), la gangue dominante et souvent unique se compose d'une baryte à cassure lamellaire rouge-pâle, dans laquelle se trouvent disséminés des minerais de cuivre, principalement de la pyrite et du cuivre silicaté, rarement accompagné d'au-

tres minerais, tels que cuivre gris, malachite et rarement de la galène. On y voit apparaître sporadiquement la formation cobalt-argent, indiquée par des minerais d'argent, accompagnée de cobalt noir terreux ou en efflorescences, de même que la formation baryte-cuivre apparaît parfois dans celle du cobalt. Comme faisant partie de la gangue, on trouve encore le spath fluor bleu ou vert et quelques carbonates.

Tous les filons de cette catégorie traversent un granit porphyroïde à grains fins et se distinguent par une pauvreté étonnante. Pas un seul ne mérite d'être exploité.

Les gisements supérieurs sont occupés par la formation de peroxyde de fer et manganèse (n° 6).

Deuxième variété. Filons barytiques des gneiss avec cuivre et plomb.

A la sous-formation qui précède se rattachent des filons dans lesquels le quartz saccharoïde, et parfois aussi le spath fluor s'associent à la baryte et où les minerais de cuivre et de plomb se trouvent disséminés dans une gangue ainsi composée. La formation des cobalts y apparaît sporadiquement dans certains filons.

La roche encaissante est toujours le gneiss, sauf dans un cas où le filon traverse un granit rougeâtre à gros grains (filon de Georg près Wittichen), et, comme on l'a vu, dans le filon de Prosper, qui ne devient barytique que dans la profondeur, lorsqu'il passe du gneiss au granit, tandis qu'il est quartzeux dans le gneiss. Le filon de Clara, remarquable par ses dimensions énormes, traverse au-dessus du gneiss une couche mince de grès rouge et pénètre dans le grès des Vosges, lequel devient très-siliceux au voisinage du filon.

La richesse de cette formation diminue dans la profondeur et les dérangements n'y sont pas rares, mais ils ne paraissent pas exercer d'influence sur la composition. C'est surtout dans les filons barytiques à plomb et cuivre que les gisements supérieurs sont occupés par une couverture de fer hydraté.

Troisième variété. Filons quartzeux avec cuivre et plomb.

Ici, la baryte primitive a été en tout ou en partie remplacée par le quartz, par suite d'une action pseudomorphique particulière. De grandes masses ayant jusqu'à trois mètres de puissance, qui une fois étaient composées de baryte feuilletée, n'offrent plus aujourd'hui qu'un quartz cristallin saccharoïde ou sableux. L'apparence de la roche tient à ce que les parcelles de silice, en se substituant à la baryte, se sont arrangées par cristaux microscopiques suivant les lames de clivage de cette substance dont la structure peut encore se reconnaître dans le quartz. Dans les géodes, le quartz tapisse en petites pyramides les plaques de baryte qui ont disparu et qui, en disparaissant, ont laissé un vide ou ont été remplacées par du quartz saccharoïde. On retrouve les plus fines lamelles de baryte de plus d'un pouce de grandeur transformées en quartz, et souvent même tapissées de petits cristaux prismatiques d'un quartz plus jeune. Il subsiste cependant encore des masses de baryte à côté du quartz, mais cela tient seulement à ce que la puissante réaction qui a pseudomorphisé le filon en éliminant la baryte ne s'est pas poursuivie jusqu'au bout; il est arrivé même que dans plusieurs filons, comme, par exemple, dans les filons barytiques à plomb et cuivre (page précédente), elle n'a fait que commencer à agir, et qu'elle n'a pas agi

partout avec la même énergie. Du reste, dans tous les filons de quartz, où la baryte blanche se rencontre en amas ou associée au quartz, elle est complétement stérile ou seulement légèrement pénétrée de galène, jamais de cuivre; tandis que le quartz sableux des mêmes filons renferme, au contraire, des nodules et des amas plus ou moins nombreux de galène sans argent avec des parcelles de spath fluor. Le quartz dur saccharoïde, au contraire, enchâsse des minerais de cuivre amorphe, de la galène argentifère et beaucoup de minéraux pour la plupart cuivreux et plombeux et même du soufre natif.

La majeure partie des filons, appartenant à cette sous-formation, sont très-dignes d'être exploités, grâce à leur tendance à former des réseaux, et à leur structure en chapelet, d'où résultent de nombreux points de rencontre. Quant à leurs entre-croisements avec les filons d'un autre ordre, ils ne produisent aucune augmentation de richesse, mais souvent un appauvrissement et même une complète stérilité, lorsque ce sont des filons argileux qui les coupent.

On doit noter que, dans les gisements supérieurs, les oxydes et les sels de cuivre et de plomb sont très-fréquents et que plus bas ils se remplacent par des sulfures, ce qui, par analogie avec d'autres filons, doit faire préjuger d'une grande richesse dans la profondeur. La couverture de fer manque en général complétement dans les filons quartz-cuivre-plomb.

Les filons de cette catégorie appartiennent presque exclusivement au domaine du gneiss; on ne connaît, à cet égard, que fort peu d'exceptions, formées par quelques filons quartzeux qui appartiennent au granit. En pénétrant dans le gneiss, ceux-ci deviennent, en général, stériles, tandis que le filon de Prosper, au contraire, en passant

du gneiss au granit, perd son quartz, qui se remplace par la baryte, sans cependant s'appauvrir sensiblement. La succession des roches dans ce groupe des filons cuivre-plomb est la suivante : — baryte blanche, rougeâtre, écailleuse ou en géodes avec peu de cuivre et plomb; spath fluor avec cuivre; quartz saccharoïde en pseudomorphoses de baryte imprégné de plomb et cuivre; baryte cristallisée en petites tables accompagnant le plomb et le cuivre secondaire.

Les trois sous-formations, qui viennent d'être décrites et qui composent, à elles trois, la formation cuivre-plomb, ne paraissent pas être d'un âge parfaitement identique. La comparaison de leurs minéraux doit faire, sous ce rapport, admettre entre elles une petite différence : les filons barytiques cuivreux des granits sont les plus anciens; les filons quartz-cuivre-plomb les plus jeunes, et les filons barytiques du gneiss, intermédiaires contre les deux autres.

5. Formation cobalt-argent.

Il résulte de ce qui précède que cette formation est antérieure à la quatrième, si toutefois il est permis de baser l'âge de ces formations sur les transformations partielles ou complètes qui se sont opérées dans les filons après leur remplissage.

La formation cobalt-argent n'est pas seulement liée au domaine des granits, en général, mais au point de vue de la richesse métallique, elle se rattache spécialement aux éruptions de masses granitiques plus jeunes, disposées en filons ou en pâtés, et qui se distinguent par l'abondance de l'oligoclase décomposée et la rareté du quartz. En dehors de ces gisements, c'est-à-dire dans le granit commun à gros grains rougeâtres, pauvre en oligoclase, ou dans le

granit porphyroïde à grains fins, grisâtres, les filons sont, ou entièrement stériles ou développés sous la forme baryte-cuivre. On peut donc à peine mettre en doute qu'il n'y ait une liaison intime entre les granits à oligoclase et les filons de cobalt.

La direction des filons à cobalt est sud-sud-est, avec une inclinaison variable à 75°, mais ils sont assez irréguliers, divisés et ondulés. Leur puissance dépasse rarement dix pouces et ils passent souvent à l'état de simples filets. Leur configuration est aussi très-variable. Souvent on voit la substance du filon pénétrer dans la roche encaissante et s'y ramifier, en lui imprimant son caractère, en sorte que les parois peuvent être exploitées avec avantage. D'autres fois, le filon est, au contraire, nettement limité. Certains d'entre eux sont garnis d'une sorte de sécrétion argileuse grisâtre souvent imprégnée de cobalt. On ne peut qu'être frappé de voir que, sur les parcours les plus riches, ce soit la roche encaissante, et non le filon, qui se trouve imprégnée de minerai, et que le minerai soit aussi le plus riche là où les filons sont peu puissants.

Le remplissage se compose, avant tout, d'une baryte rouge à cassure écailleuse, ou blanche et lamellaire. A la variété rouge s'associe le cobalt terreux noir ou le cobalt arsénical gris et de l'argent rouge; à la variété blanche s'associe du cobalt arsénical blanc et de l'argent natif. Les minéraux subordonnés ne sont pas fréquents dans les filons de cobalt et la formule paragénétique des roches n'y diffère pas essentiellement de celle des filons plomb-cuivre, telle que nous l'avons indiquée ci-dessus.

La seule différence importante se trouve dans la nature des minerais qui les accompagnent, et qui sont, outre le cobalt, l'argent, le bismuth, l'arsenic natifs, puis le nikel sulfuré, etc.

Les filons de cet ordre sont très-nombreux; les plus importants se trouvent tous groupés au voisinage du couvent de Wittichen et ont donné lieu à un grand nombre d'exploitations. En outre, la formation des cobalts apparaît sporadiquement dans les filons cuivre-baryte des granits et même, comme l'a prouvé le professeur Sandberger, on en découvre des traces dans les filons du gneiss.

La richesse de ces filons à cobalt paraît dépendre de la présence, comme roche encaissante, d'un granit pauvre en quartz, riche en pinitoïde, de couleur pâle et comme poussiéreux. Lorsque les filons pénètrent dans le granit rougeâtre à gros grains ou dans les variétés dépourvues de pinitoïde, ils s'appauvrissent considérablement et prennent des minerais de cuivre. Ils deviennent entièrement stériles en passant du granit au gneiss ferrugineux ou schistoïde-argileux. Toutefois, il est certains gneiss grisâtres, comme ceux des environs de Neu-Sankt-Joseph, qui ne stérilisent pas plus le filon que le granit rougeâtre grossier. Quelques-uns de ces filons se continuent dans le grès bigarré sous la forme de restes barytiques qui, par leurs bords, se fondent dans le grès, lequel renferme aussi des nids de baryte.

Les gisements métalliques ne forment jamais de grandes masses continues, mais plutôt une succession d'amas en chapelets, reliés par une gangue pauvre ou stérile. Les filons à veines multiples et sinueuses donnent lieu à des confluences qui forment des points riches; mais dans les gisements profonds les gîtes d'argent se remplacent par des minerais de cobalt. Des filons ou des coupures d'un caractère indéterminé, le plus souvent argileux et d'une grande puissance, qui traversent et dérangent les filons de cobalt, les stérilisent, sans cependant les interrompre

complétement; mais lorsque cet accident se produit, on les trouve souvent fort atténués au delà de la coupure. Parfois, ces sortes d'entre-croisements sont eux-mêmes imprégnés de minerais de cobalt et peuvent même être exploités.

6. Formation subordonnée de peroxyde de fer et de manganèse.

Celle-ci ne forme que la couverture de fer des filons barytiques cuivreux. La gangue en est quartzeuse ou barytique. Le peroxyde de fer fibreux y domine; mais déjà à une petite profondeur on voit apparaître des minerais de cuivre. La puissance des filons, là où apparaît cette formation, n'est que de quelques pouces: au Hochberg, ils se résolvent en filets multiples qui paraissent se lier à l'apparition de filons d'un granit grossier rouge intercalés dans le granit principal gris et à grains fins, de même que les filons cobalt-argent se lient aux éruptions du granit riche en pinitoïde. Du reste, le faible développement de cette formation lui enlève la plus grande partie de son importance.

7. Formation de fer hydraté (limonite).

Cette formation forme exclusivement la couverture de fer des filons cuivre-plomb du domaine du gneiss. Elle est très-exploitée, tant pour ses minerais de fer que pour sa baryte qui, depuis quelques années, est devenue un article de commerce important, et elle peut fournir une masse de minerai de fer, la puissance des filons allant jusqu'à 12 mètres. Malheureusement les grandes dilatations alternent avec des étranglements, en sorte que dans leur direction aussi bien que dans leur inclinaison, elles

se présentent sous la forme d'une succession de ballons.

Les filons sont surtout composés de baryte et de limonite. La baryte blanche ou rougeâtre se brise en petites masses écailleuses, séparées par des pellicules d'oxyde de fer; elle cristallise en géodes ou en cristaux tabulaires et se trouve souvent pénétrée de quartz. Sur cette formation de baryte primaire se fixe une seconde formation de baryte, également cristallisée.

Le fer hydraté se présente avec toutes ses variétés, et sous les formes les plus diverses, même en pseudomorphoses ou ocreux et renferme beaucoup de manganèse, ce qui le rend très-fusible.

En général, les filons de fer hydraté ne sont pas isolés; mais ils forment des faisceaux ou des réseaux courants, sauf quelques exceptions, dans la direction sud-est et tombant au nord-est avec une inclinaison de 50-70 degrés. La formation ferrugineuse se continue à une profondeur maximum de 100 pieds, mais souvent déjà à une petite profondeur on la trouve mêlée de minerais de cuivre qui apparaissent ici sporadiquement, tandis que dans la profondeur le fer disparaît et le filon passe à la formation cuivre-plomb.

8. Filons sans caractères particuliers.

Ceux-ci n'offrent qu'un faible intérêt; ils sont très-variables de toutes manières et se rencontrent presque partout. Leur remplissage est emprunté à la roche encaissante, décomposée, mêlée d'argile, d'un peu de quartz ferrugineux et de quelques minéraux de fer. Lorsqu'ils coupent d'autres filons, ils contiennent aussi quelques autres minerais, et, comme ils dérangent les filons métallifères, ils sont évidemment plus jeunes.

De la chronologie des filons du Kinzigthal.

L'âge relatif de ces formations ne peut pas être étudié directement, parce qu'il est très-rare que les filons de formations diverses s'entre-croisent. Il ne reste donc, pour tout moyen de le déterminer, que l'étude minutieuse de la chronologie des minéraux de chaque formation. Cette méthode, imaginée par Breithaupt, et employée avec le plus grand succès, a conduit ici à des résultats dont la concordance surprenante dans les diverses espèces de filons ne laisse guère planer de doutes sur l'ordre de succession des formations du Kinzigthal. L'étude de cette chronologie ne laisse pas que d'être un travail de longue haleine, attendu que les mêmes minéraux n'ont point toujours la même signification; dans une même formation, le même minéral reparaît à des âges différents. Ainsi, dans la formation de la chaux argentifère, par exemple, le quartz se présente en trois générations, correspondant chacune à un âge distinct. (Comparez la série de la p. 202, termes 1, 2, 6, qui forment trois générations désignées par les lettres *a*, *b*, *c*.)

La méthode employée pour fixer l'âge des diverses formations se base sur le fait que, lorsque cette diversité se produit, la même substance revêt, pour chaque génération, un caractère différent. Or, lorsqu'on compare les séries (ou formules) de succession des diverses formations, on observe que les minéraux ayant le même caractère, la même apparence, le même état d'agrégation, les mêmes formes cristallines, associés aux métaux d'une manière analogue, occupent dans toutes les séries exactement la même position par rapport aux autres substances, d'où l'on peut conclure que chaque forme de

minéral, soit chaque génération, caractérise un âge particulier.

On peut donc résumer les séries des sept formations ci-dessus décrites en une seule série typique qui sera, pour ainsi dire, la formule générale de l'âge de tous les minéraux des filons. En comparant ensuite à cette série générale la série spéciale caractéristique de chaque formation en particulier, on n'aura pas de peine à constater l'âge de ses minéraux constitutifs, et on déterminera ainsi l'âge de la formation.

Nous n'avons pas cru devoir donner ici la formule chronologique de toutes les formations ci-dessus décrites, mais il y a quelque intérêt à faire connaître la série générale déduite des séries spéciales.

Elle se compose des quinze termes suivants [1] :

1. *Quartz corné gris (a)* avec minerais d'antimoine et d'argent.
2. *Spath fluor (a)* subordonné, en général disparu.
3. *Quartz blanc cristallin (b)* toujours fixé sur le quartz *a*, en pseudomorphoses de spath fluor, avec pyrites de cuivre et galène.
4. Chalcédoine tapissant le n° 3.
5. *Chaux carbonatée (a)* blanche, rougeâtre ou violette, en masses amorphes, ou sub-cristallines, et en rhomboèdres agrégés avec minerai d'argent.
6. *Braunspath (a)* amorphe, avec galène argentifère, blende et minerai d'argent.
7. *Baryte (a)* amorphe, lamellaire et cristallisée, avec

[1] Les lettres *a*, *b*, *c*, *d* indiquent les générations successives d'un même minéral.

minerais nobles d'argent et de cobalt, ou avec galène et minerai de cuivre, dans les couronnements formés de minerais de peroxyde de fer et de manganèse.

8. *Spath fluor (a)* amorphe, avec galène argentifère et minerai de cuivre; rarement de cobalt.

9. *Quartz (c)* saccharoïde et cristallisé, apparaissant partout en pseudomorphose de la baryte, avec minerais grossiers de cuivre et de plomb, dans les couronnements formés de fer hydraté.

10. *Spath fluor (c)* en hexaèdres, jaune d'ambre.

11. *Braunspath (b),* jaune-isabelle, en rhomboèdres lenticulaires agrégés.

12. *Chaux carbonatée (b)* d'un blanc jaunâtre, verdâtre, ou grisâtre, ou olivâtre et cristallisée.

13. *Braunspath (c)* en petits rhomboèdres nacrés, courbés, fixés sur la précédente.

14. *Quartz (d)* en petits cristaux brillants, libres sur tout leur pourtour, à forme dominante ∞ P.

15. *Baryte (c)* en petites tablettes délicates, transparentes.

Gyps, cristallisé.

Pharmacolite accompagnant les minerais secondaires de plomb, cuivre et cobalt.

Dans cette série, les termes 10-15 peuvent être négligés, parce qu'ils n'apparaissent que sous la forme de géodes.

Si, maintenant, l'on compare avec cette série générale les séries spéciales qui caractérisent chaque formation de filons, on trouvera que :

1° La formation des quartz nobles (argentifères) ne se rencontre que dans les termes 1 à 3;

2° La formation de la chaux carbonatée argentifère n'occupe que les termes 5 à 9;

3° La formation de la galène argentifère apparaît seulement dans les termes 6 à 9;

4° La formation cobalt-argent seulement dans les termes 7 à 9;

5° Enfin, que la formation cuivre-plomb est limitée aux termes 7 à 9, et sa sous-formation quartzeuse (p. 209, var. 3) même aux termes 8, 9; d'où l'on peut conclure que la formation des quartz nobles est la plus ancienne et la formation cuivre-plomb la plus jeune.

On peut conclure en outre que, des deux subdivisions de la galène argentifère, celle qui s'associe au braunspath est la plus ancienne, et que celle qui s'associe à la chaux et à la baryte est un peu plus jeune. De même on conclura que, des trois subdivisions de la formation cuivre-plomb : les filons barytiques-cuivreux des granits sont les plus anciens; — les filons plomb-cuivre des gneiss sont un peu plus jeunes; — les filons quartzeux plomb-cuivre dans lesquels domine le neuvième terme sont les plus jeunes.

Plus jeunes encore sont, en tous cas, les formations de fer qui couronnent les deux formations précédentes, et enfin les filons sans caractères positifs qui coupent et dérangent tous les autres.

La série chronologique des formations du Kinzigthal s'établira donc comme suit (comparez avec le tableau de la page 199) :

1° Filons de quartz noble (argentifère);

2° Filons de chaux carbonatée argentifère;

3° } Filons de galène argentifère { avec braunspath;
4° } { avec chaux fluatée et baryte;

5° Filons de cobalt et argent;

6° Filons barytiques-cuivreux,
7° Filons barytiques avec cuivre et plomb,
8° Filons quartzeux avec cuivre et plomb,
} formation cuivre-plomb;

9° Gisements de fer oligiste et manganèse
10° Gisements de fer hydraté
} à la surface des filons des groupes 6° et 7°;

11° Filons sans caractère déterminé.

Il faut remarquer que, entre les deux premiers termes de cette série, il y a un saut plus grand qu'entre les suivants. Ceux-ci forment une chaîne continue où, quand on passe d'une formation à l'autre, on voit toujours l'élément le plus ancien disparaître et se remplacer par celui qui lui fait immédiatement suite dans la série chronologique des minéraux caractéristiques.

Age géologique des filons.

Si l'on envisage maintenant l'âge des filons par rapport aux formations géologiques, on peut constater que les filons cobalt-argent, cuivre-plomb, ainsi que ceux de fer hydraté pénètrent dans le grès des Vosges, et sont, par conséquent, plus jeunes que celui-ci. Il en est de même pour les filons de la Forêt-Noire wurtembergeoise, qui semblent être tout analogues à ceux du Kinzigthal, principalement en ce qui concerne la formation cuivre-plomb, et que l'on exploite à travers les grès bigarés. Près de Freudenstadt, on voit un filon de baryte avec pyrite de cuivre, et près d'Ach des filons de baryte et de fer hydraté traverser le grès et le Wellenkalk jusqu'aux dolomies (Wellendolomit). On doit donc conclure que les filons analogues du Kinzigthal sont, en tout cas, plus jeunes que les étages inférieurs du Muschelkalk.

Bien que le caractère des filons de Wittich dépende essentiellement des granits à oligoclase, ils ne sauraient, comme Walkner l'indique, être synchroniques de cette formation, attendu que les granits sont recouverts par les grès bigarrés, sans dérangement aucun, et que, par conséquent, ils ont fait éruption avant que ce terrain fût déposé, tandis que les filons métalliques percent les grès et ont donc pris naissance à une époque postérieure.

En revanche, il est à peine douteux que les filons de quartz argentifère n'aient quelque relation avec l'éruption des porphyres quartzeux qui se rencontrent toujours à proximité immédiate de ces filons et semblent se relier à ces derniers par les quartzites en amas et en filons (page 189). Celles-ci, en effet, ont la même direction que les filons de quartz noble et forment avec eux une sorte de faisceau, en sorte que ces derniers peuvent être considérés, à certains égards, comme identiques avec les filons de quartzite, et n'en différant que pour avoir été pénétrés par des substances métalliques variées, tandis que les quartzites simples n'auraient pas subi cette influence. Il est fort important de remarquer que le quartz blanc et jaunâtre, qui se rencontre presque exclusivement dans les conglomérats des étages inférieurs des grès bigarrés, ressemble singulièrement à celui qui constitue ces deux sortes de filons et à celui qui forme les blocs nombreux dont la surface du Kinzigthal inférieur est recouverte par places. On peut donc admettre que le quartz des filons[1] a fourni une partie des matériaux qui entrent dans la composition des conglomérats du grès vosgien. Dans les

[1] La rédaction allemande est ici des plus obscure. Il serait impossible de décider si l'auteur entend l'espèce de quartz dont les filons sont formés, ou le quartz même des filons, ou les blocs du Kinzigthal.

grès rouges du Kinzigthal, on ne trouve aucune trace de ce quartz; ceux-ci contiennent, au contraire, outre des cailloux roulés de gneiss, de granit ou de porphyre quartzeux, des galets et des grains du quartz gras foncé, qui est propre aux roches primitives et aux anciennes roches éruptives. D'après cela, on peut fixer le remplissage des filons de quartz noble à une époque intermédiaire entre la formation des grès rouges et celle des grès vosgiens.

Enfin, on doit signaler encore la grande ressemblance qui existe, d'une part, entre les filons de quartz argentifère du Kinzigthal, les filons cobalt-argent de Wittich et les filons plomb-cuivre de cette partie de l'Allemagne, et, d'autre part, les filons barytiques plombeux du plateau central de la France. Ces derniers se composent d'un quartz sablonneux, cristallin, chalcédonieux, mêlé de baryte et de spath fluor, plus rarement de fer, de chaux carbonatée et de braunspath, ainsi que de galène pauvre en argent, de blende brune, plus rarement de cuivre gris assez riche en argent et de pyrite de fer. La période de remplissage de ces filons correspondrait, suivant Gruner, à l'époque du lias [1].

Résumé sur les mines du Kinzigthal.

Le district du Kinzigthal se divise en deux gisements très-différents par la composition et la richesse des filons, celui des granits et celui des gneiss.

Le gisement du granit est en majeure partie composé d'une roche à grains moyens ou fins, souvent porphyroïde, toujours pauvre en oligoclase ou même dépourvue de ce minéral. Dans cette roche on remarque, surtout au voisinage du couvent de Wittichen, des filons ou des

[1] Voyez sur ces filons divers travaux de M. J. Fournet.

masses d'un autre granit à gros grains, parfois stratifié, dans lequel, à côté de l'orthose, on rencontre toujours l'oligoclase, souvent transformé en pinitoïde et formant un élément essentiel de la roche.

Les granits ordinaires ne renferment presque que des filons barytiques cuivreux, en général peu productifs. Dans les régions supérieures de ces filons apparaissent par places des minerais de peroxyde de fer et de manganèse, qui n'ont pas non plus une grande valeur industrielle, vu leur peu de développement.

En revanche, la présence des granits riches en oligoclase donne lieu à une formation de minerais de cobalt et d'argent qui, jusqu'au milieu du siècle dernier, a été l'objectif principal des mineurs du Kinzigthal, et qui a fourni plus de la moitié du produit total des mines de cette région. Néanmoins on ne pourra à l'avenir assigner à ces gisements qu'une importance secondaire, attendu que leur richesse dépend de conditions minéralogiques déterminées qui se trouvent circonscrites sur un espace relativement restreint, et que de plus la richesse va diminuant avec la profondeur; or, les gisements supérieurs sont maintenant épuisés.

Les gneiss, qui couvrent de beaucoup la plus grande partie du district minier, offrent d'assez nombreuses variétés minéralogiques dont la plupart appartiennent au gneis gris, fort peu au rouge, tandis que quelques-unes sont intermédiaires. Les deux dernières variétés semblent seules avoir une véritable influence sur les qualités métalliques des filons.

L'existence et le développement des filons métallifères sont, au contraire, intimement liés aux éruptions de roches plutoniques qu'on rencontre dans le Kinzigthal su-

périeur et dans le Schappbachthal, surtout sous la forme de granit, et dans le Kinzigthal inférieur sous la forme de porphyre quartzifère.

Dans le domaine des granits éruptifs on rencontre le groupe des filons de plomb et cuivre pauvres en argent, à gangue barytique et quartzeuse, lesquels n'ont encore été travaillés qu'à une faible profondeur, mais qui ont offert une si grande richesse métallique qu'ils semblent présager le plus brillant avenir. Les amas durs et isolés qui accompagnent parfois ces filons offrent aussi par places une grande richesse de minerai d'argent, mais il est douteux que cette richesse se continue dans la profondeur, si l'on en juge par l'expérience acquise dans des gîtes de formation analogue.

Le second groupe de filons, qui est lié aux éruptions des porphyres quartzifères, renferme des minerais de plomb riches en argent, accompagnés de carbonates, et qui, bien que fort disséminés dans une gangue de roche décomposée, sont cependant remunérateurs, vu la multiplicité et l'égale distribution des minerais. D'autres filons analogues, composés d'un quartz corné emprunté au porphyre quartzifère, sont imprégnés avec parcimonie de minerais d'argent et parfois d'antimoine. Ils sont encore peu exploités et ne promettent pas grand'chose. Le fer hydraté forme, particulièrement dans le district d'Ober-Wolfach, le faîte des filons barytiques plomb-cuivre ; ce minerai a été exploité depuis des siècles à des époques différentes et a fourni des gisements de quelque importance. Malheureusement le peu de persistance de ces gîtes, le peu de profondeur à laquelle se poursuit la couverture de fer, et les grands frais d'exploitation de ces minerais ne donnent à cette formation une certaine importance industrielle que sur un petit nombre de filons.

On doit enfin considérer comme totalement inexploitables les filons sans caractères déterminés qui se rencontrent dans la partie sud du district, elle-même déjà si pauvre en filons métalliques; ce groupe n'offre jamais qu'accidentellement à sa surface de petits gîtes ferrugineux.

Le système d'extraction employé depuis des siecles par les mineurs du Kinzigthal, système qui consiste à ouvrir une quantité considérable d'entrées, tient, d'une part, à la circonstance que les filons suivent en général les crêtes et que, par conséquent, ils doivent être attaqués par des puits ou par des galeries horizontales partant des vallées; d'autre part, à la distribution particulière des minerais dans les filons, dont les gîtes sont séparés par des espaces stériles. On a donc établi plus de huit cents ouvertures, et cette masse d'ouvrages stériles, ainsi que la mauvaise direction imprimée à beaucoup de travaux, ont amené des fluctuations fâcheuses dans l'exploitation. Ces circonstances ont fait aux mines du Kinzigthal la réputation de n'être pas un champ favorable pour de grandes spéculations; mais elles peuvent encore être rémunératrices pour des entreprises moins vastes, surtout dans l'état actuel des connaissances techniques. Les ouvrages profonds qui deviendront nécessaires à l'avenir, exigeront, il est vrai, l'établissement de machines; mais celles-ci seront peut-être plus économiques que les aménagements actuels, parce qu'elles permettront de pousser les travaux plus vigoureusement et d'une manière plus continue. Enfin, il y aura de grandes économies à réaliser dans toutes les branches de l'exploitation, tout particulièrement en ce qui concerne la partie métallurgique qui, jusqu'à présent, a été traitée avec beaucoup trop de luxe.

En terminant, nous donnerons ici le tableau de la production brute des mines du Kinzigthal, depuis l'année 1700 jusqu'à 1857. Les produits de ces mines sont très-variés. L'argent y figure pour la plus forte somme, vient ensuite le cobalt, puis les produits chimiques.

	Poids en quintaux.	Produit en florins.
Argent 56,809 marcs		1307,053
Cuivre.	3,813	204,000
Plomb.	940	10,330
Produits chimiques divers	1,905	21,488
Minerai de cobalt	54,581	469,966
Minerai de cuivre	7,800	44,264
Minerai de plomb	6,880	44,635
Minerai d'argent	1,316	16,446
Baryte	46,500	25,000
Spathfluor	836	418
Tiré des échantillons de minerai		13,360
Total		2,156,960

La totalité de la production du district du Kinzigthal reste bien faible, si on la compare au produit des mines américaines, puisque la moyenne n'est que d'environ 27,000 florins par an. Il n'y a pas là de quoi alimenter de bien fortes exploitations, aussi comprend-on que ces mines aient été fréquemment abandonnées. Mais si elles n'offrent qu'un faible résultat industriel, elles présentent un intérêt tout particulier au point de vue de la science pure et des questions géologiques qu'elles permettent de résoudre.

Henri de Saussure.

RECHERCHES SUR L'ARC VOLTAIQUE

PAR

M. E. EDLUND[1].

---

1. Toute force dans la nature exerce une action déterminée au point de vue de la quantité. Quand une force dans une circonstance donnée produit un effet qui, à certain égard, est différent de celui qu'elle exerce dans une autre circonstance, il faut, néanmoins, que ces deux effets soient égaux au point de vue de la quantité. Si la force donne lieu simultanément aux deux effets, la somme de ces deux effets doit être exactement égale à la valeur quantitative de chacun d'eux, s'ils se produisaient isolément. Il va sans dire que la force agit pendant le même temps dans ces différentes circonstances. Le courant voltaïque, comme on le sait, produit des effets très-variés : il donne naissance à de la chaleur et de la lumière, il décompose chimiquement des liquides composés qui servent de conducteurs à l'électricité, il engendre du magnétisme et agit sur des aimants déjà formés, il produit des courants d'induction dans des conducteurs rapprochés, etc., etc. La production de chaleur peut être considérée comme le premier effet, l'effet immédiat du courant voltaïque, parce qu'il l'accompagne constamment, tandis que les autres effets exigent, en outre, pour se produire le concours de certaines conditions. Des recherches consciencieuses ont prouvé que la chaleur produite est propor-

[1] Oefversigt af K. Vetensk. Acad. Förhandlingar, 1867, nº 4, p. 95.

tionnelle au carré de l'intensité du courant, multiplié par la résistance à la conductibilité. La quantité totale de chaleur que développe le courant est, par conséquent, proportionnelle au carré de la force électromotrice, divisé par la résistance totale du circuit. Cela n'est vrai qu'autant que le courant ne produit aucun autre travail que le dégagement de chaleur. Cette loi, qui a été établie par la voie expérimentale, peut être considérée comme rigoureusement exacte, puisque, d'autre part, Clausius [1] l'a confirmée par des déductions théoriques. Mais si le courant, à côté de la production de chaleur, opère un autre travail, il faut nécessairement que la quantité totale de chaleur dégagée soit diminuée de celle qui correspond à ce travail. Par conséquent, si l'on a une pile voltaïque d'une force électromotrice donnée, dont les pôles soient réunis par un conducteur solide, et si l'on connaît, en outre, la résistance de la pile même et du conducteur extérieur, on pourra facilement calculer la quantité totale de chaleur produite par le courant dans un certain temps. Supposons maintenant qu'on enlève une portion du conducteur extérieur et qu'on la remplace par un liquide susceptible d'être décomposé, comme de l'eau acidulée par de l'acide sulfurique, par exemple, en ayant soin de faire en sorte que la résistance du liquide soit égale à celle du conducteur supprimé : la force électromotrice et la résistance à la conductibilité n'auront éprouvé aucune altération par cet échange. Cependant la quantité de chaleur dégagée ne sera pas la même qu'auparavant : elle sera plus faible, parce que le courant, outre la production de chaleur. accomplit le travail mécanique nécessaire à la décomposition chimique de l'eau. Or, l'on sait

[1] *Poggend. Ann.*, LXXXVII, p. 415.

que la décomposition de l'eau en hydrogène et oxygène est accompagnée d'une absorption de chaleur qui est égale au dégagement de chaleur produit par la combinaison de l'oxygène avec l'hydrogène. L'absorption est donc la mesure du travail mécanique exercé pour opérer la décomposition. La somme totale de chaleur engendrée par le courant sera par suite diminuée exactement de la quantité qui correspond au travail de décomposition opéré par le courant. Quant à ce qui concerne l'adhérence d'hydrogène et d'oxygène sur les plaques polaires d'où résulte un courant de polarisation en sens inverse de courant principal, c'est là un phénomène tout à fait secondaire, comme on le comprend facilement, et qui n'a rien à faire avec la question qui nous occupe.

D'autre part, si l'on a un courant voltaïque dont on connaît la résistance totale et dont l'intensité varie incessamment, on peut calculer la chaleur totale produite par le courant, si l'on connaît l'intensité du courant à chaque moment. Si l'on approche maintenant un conducteur fermé à proximité du courant principal, il se produit des courants d'induction dans le premier. Le courant principal engendre donc une induction voltaïque en même temps qu'il produit de la chaleur, et il est évident que cette dernière doit être moindre que si elle n'était pas accompagnée d'induction. Cependant, la force électromotrice de la pile et la résistance du circuit principal, dont dépend la production de chaleur, n'ont pas changé. Dans un travail antérieur [1], j'ai prouvé par des expériences que dans ce cas la production de chaleur due au courant principal est en réalité diminuée et cela de telle façon que la somme

[1] *Archives des Sciences phys. et natur.*, 1865, t. XXIV, p. 324.

de chaleur produite par le courant principal, et celle dégagée par le courant d'induction dans son circuit, est égale à la chaleur dégagée par le courant principal seul, quand il n'exerce point d'induction. Mais comme la chaleur produite par le courant d'induction doit au fond être considérée comme l'équivalent calorifique de ce courant, il en résulte que la chaleur dégagée par le courant principal dans son circuit pendant l'induction, a été diminuée de la quantité de chaleur, qui correspond au travail qu'exerce le courant principal pour produire l'induction. Ainsi que je l'ai montré dans le mémoire cité plus haut, la cause de cette diminution dans le dégagement de chaleur du courant principal réside dans le courant d'induction qui engendre des courants d'induction d'un ordre supérieur dans le circuit principal, lesquels s'ajoutent au courant principal ou s'en retranchent de telle façon que la production de chaleur en est amoindrie. Dans ce cas, la quantité de chaleur produite est diminuée par le concours des courants d'induction.

Admettons enfin que le conducteur entre les pôles de la pile communique avec une bobine contenant un cylindre de fer doux dont l'armature puisse en être éloignée par un ressort, ou tout autre moyen, aussitôt que le magnétisme produit est trop faible pour le retenir contre les pôles de l'électro-aimant. Si dans cette disposition on ferme et ouvre alternativement le courant après des laps de temps déterminés, il se produira dans un certain temps une certaine quantité de chaleur. Si, ensuite, tandis que l'armature est attirée contre les pôles de l'électro-aimant, on lui fait produire un travail mécanique, tel que de soulever un poids, par exemple, il faut évidemment que la production de chaleur soit diminuée d'une quantité correspondante au

travail mécanique effectué, ainsi que M. Favre[1] l'a prouvé par l'expérience. Mais, d'autre part, rien n'a été modifié dans la force électromotrice de la pile ni dans la résistance du circuit, dont dépend la quantité de chaleur dégagée.

Il est facile de comprendre, toutefois, que la différence de nature des courants d'induction dans les deux cas fait disparaître la contradiction. En effet, une partie de la chaleur produite provient des courants d'induction que le mouvement de l'armature détermine dans l'électro-aimant et dans son armature. La quantité d'électricité mise en mouvement dans cette opération, est, sans contredit, la même que l'armature soit chargée ou non ; mais quand l'armature est libre, elle se meut plus vite que quand elle est chargée, et les courants d'induction en question ont, dans le premier cas, une durée plus longue que dans le second. La même quantité d'électricité accomplit, par conséquent, sa circulation dans un temps plus court quand l'armature est libre que quand elle est chargée. Il en résulte que l'intensité des courants d'induction est plus grande dans le premier cas que dans le second, quoique la quantité totale d'électricité qui circule dans les deux cas soit la même. Or, puisque la quantité de chaleur dégagée est proportionnelle au carré de l'intensité du courant, il est facile de prouver que la quantité de chaleur produite par ces courants d'induction, dans l'électro-aimant et dans son armature, est plus grande quand l'armature est libre et, par conséquent, se meut plus vite que lorsqu'elle exerce un travail mécanique qui en ralentit la marche. Les courants d'induction, qui se produisent dans les deux cas dans le circuit du courant

[1] *Archives des Sciences phys. et natur.*, 1857, t. XXXVI, p. 59.

voltaïque, donnent lieu à un fait analogue. L'intervention des courants d'induction dans cette circonstance est tellement nécessaire pour expliquer la prétendue contradiction, que si on ne les eût pas connus auparavant, ce phénomène eût probablement suffi pour en faire supposer la présence.

2. L'induction galvanique et l'absorption de chaleur qui accompagne toute décomposition chimique, sont connues depuis longtemps; j'ai seulement voulu montrer l'étroite relation de ces phénomènes avec la notion de force et de travail mécanique. Passons maintenant à un cas particulier, pour lequel on ne connaît pas encore le moyen que la nature emploie pour lever la contradiction entre la proposition démontrée que le dégagement de chaleur du courant voltaïque dépend de la force électromotrice et de la résistance, et la vérité passée à l'état d'axiome que si une force exerce à la fois deux effets, la somme de ces valeurs quantitatives doit être égale à ce que serait la valeur de chacune d'elles, si elles étaient produites isolément.

Un cas de ce genre est offert par l'arc voltaïque, qui se forme quand l'électricité passe d'un conducteur solide dans un autre, à travers un gaz et avec production de lumière et de chaleur. Tout le monde sait que le courant détache dans cet arc lumineux des particules matérielles, qui sont transportées d'un pôle à l'autre. C'est principalement le pôle positif qui éprouve cette usure, tandis que le pôle négatif y est moins exposé. A côté de ce travail purement mécanique, accompli par le courant, il peut se produire des décompositions chimiques dans l'arc voltaïque sous l'influence directe du courant. S'il s'y formait de nouvelles combinaisons chimiques, on n'en pourrait

pas conclure à une action directe et exclusive du courant lui-même, la cause pouvant en être extérieure et indépendante de lui, au moins pour une certaine portion. Pour ce qui concerne, en premier lieu, les décompositions chimiques, le travail mécanique, que le courant effectue pour les produire, a son équivalent de chaleur mécanique dans l'absorption de chaleur qui accompagne toujours ce phénomène. Mais il en est tout autrement à l'égard de l'usure des pôles qui est purement mécanique. Cette désagrégation n'est accompagnée d'aucune absorption de chaleur, mais, tout au contraire, d'une grande production de chaleur. Le courant effectue donc, dans le sein de l'arc voltaïque, un travail mécanique qui n'est pas compensé par une absorption de chaleur.

Représentons-nous maintenant une pile voltaïque d'une force électromotrice connue, et dont les pôles sont réunis par un conducteur solide offrant une résistance déterminée. La quantité de chaleur que produit le courant, dans un certain temps, est aussi déterminée. Si nous enlevons une portion du conducteur solide et si nous le remplaçons par un arc voltaïque se formant entre deux pointes de charbon; de plus, si nous donnons à cet arc une longueur telle que la résistance qu'il présente soit égale à celle de la portion de conducteur enlevée, l'on n'aura altéré en rien, par cette échange, la résistance totale du circuit. Malgré cela, la quantité de chaleur produite par le courant sera moindre que celle que l'on obtiendrait par le calcul de la force électromotrice et de la résistance à la conductibilité, parce que le courant, outre la production de chaleur effectue maintenant un travail mécanique employé à désagréger des particules matérielles des pôles. Cette contradiction ne peut être levée

qu'en admettant que l'intensité du courant est diminuée exactement de la quantité nécessaire pour que la diminution dans la chaleur produite par ce changement corresponde à ce travail mécanique. Mais ce travail mécanique ne peut occasionner une diminution dans l'intensité du courant que de deux manières : savoir, ou bien parce qu'il agit dans le même sens qu'une augmentation de résistance de la conductibilité, ou bien parce qu'il engendre une force électromotrice qui détermine un courant dans un sens opposé à celui du courant principal. Il est cependant facile à comprendre que, si la diminution nécessaire dans l'intensité du courant peut être produite par une augmentation de résistance due au travail mécanique, cette résistance doit être d'une autre nature que la résistance voltaïque ordinaire. La résistance occasionnée par le travail doit, en effet, avoir la propriété de diminuer l'intensité du courant, sans que le courant, en la surmontant, produise une quantité de chaleur correspondante. Si pour le moment nous supposons que la résistance en question est du genre ordinaire, et si nous la désignons par m, tandis que nous représentons par M la résistance du reste du circuit, nous aurons pour la résistance totale, pendant que l'arc voltaïque se manifeste, $M+m$. Si l'on supprime l'arc et que, par l'introduction d'un conducteur solide, on rende la résistance égale à $M+m$, on doit obtenir, la force électromotrice restant identique, la même quantité de chaleur que quand l'arc existait; et l'on reste toujours dans le même dilemme dont on essayait de sortir par la supposition d'une augmentation dans la résistance. La résistance nécessaire, pour remplir son but, doit être de telle nature qu'elle produise une diminution dans l'intensité du courant, sans donner nais-

sance à un dégagement de chaleur, pendant que le courant passe et cherche à la surmonter. On ne connaît pas jusqu'à présent de résistances semblables, et celle qui nous occupe pourrait bien être une résistance d'un genre nouveau. Pour se rendre le mieux compte de quelle manière l'abaissement nécessaire dans l'intensité du courant peut à la rigueur se produire, on n'a qu'à consulter les trois cas, qui ont été décrits plus haut et pour lesquels nous connaissons exactement tout ce qui se passe. Quand un courant traverse un liquide composé, il y produit une décomposition chimique. Le travail mécanique exercé par le courant pour effectuer cette décomposition est, à l'égard de l'objet en question, exactement de la même nature que celui effectué dans l'arc voltaïque pour désagréger les fils polaires. Dans le premier cas, c'est l'attraction chimique entre des substances différentes que le courant a à vaincre, et dans le second une attraction entre des particules de même nature ; mais cette différence entre les forces vaincues dans les deux cas ne peut avoir aucune influence sur la réaction du travail effectué sur le courant lui-même. Nous savons maintenant que le travail de décomposition chimique effectué par le courant ne diminue pas l'intensité du courant par suite de l'augmentation de résistance à la conductibilité; car ce travail chimique est entièrement compensé par l'absorption de chaleur qui accompagne la décomposition. Nous sommes conduits à en conclure que la désagrégation des surfaces des pôles dans l'arc voltaïque n'exerce non plus, dans ce cas, aucune influence sur la résistance. Passant à l'examen des deux cas dans lesquels il y a induction, nous trouvons que le travail d'induction effectué par le courant est compensé par des forces électromotrices et

nullement par un abaissement de l'intensité du courant, dû à une augmentation de résistance. Donc, puisque dans ces trois cas le travail mécanique effectué par le courant n'est pas compensé par une diminution d'intensité du courant due à une augmentation de résistance, nous devons admettre qu'il en est de même pour le quatrième cas, attendu que nous ne pouvons pas fournir une preuve valable pour le contraire. Mais il y a encore une autre raison, que nous ne devons pas passer sous silence. Dans une autre partie de la théorie de l'électricité[1], nous trouvons que la désagrégation de corps solides, qu'on opère soit en les brisant, les limant, les râpant, etc., etc., détermine souvent une production d'électricité. Il en serait sans doute toujours ainsi, s'il était possible de pouvoir éloigner assez rapidement les unes des autres les particules, détachées pour que les électricités opposées séparées ne pussent pas se réunir de nouveau. Ces différentes considérations nous conduisent à admettre que, *la désagrégation mécanique des pôles solides engendre dans l'arc voltaïque une force électromotrice qui détermine un courant se dirigeant dans le sens opposé à celui du courant principal.*

Il nous reste à démontrer comment cette conclusion s'accorde avec les expériences.

3. S'il existe une force électromotrice dans l'arc voltaïque, elle doit évidemment être constante et invariable tant que la force électromotrice de la pile, l'intensité du courant et la résistance restent les mêmes. Elle doit, par conséquent, être indépendante de la longueur de l'arc, dans la supposition que si on allonge l'arc, on di-

[1] Riess, *Traité de l'électricité de frottement*, 2me partie, p. 400.

minue d'autant la résistance du circuit pour que la résistance totale du courant soit la même qu'auparavant. Ces conditions étant remplies, la force électromotrice de l'arc sera identique quelle que soit la longueur de l'arc. Cette force produit un courant dans la direction opposée au courant principal et affaiblit par là l'intensité totale du courant. Elle agit, par conséquent, à l'égard de la diminution de l'intensité du courant de la même manière qu'une résistance intercallée dans le circuit. En revanche, il est évident que la résistance propre à l'arc voltaïque doit augmenter avec sa longueur, toutes choses égales d'ailleurs. Si donc on mesure la résistance de l'arc voltaïque, on trouve qu'elle se compose de deux parties, dont l'une est indépendante de la longueur de l'arc et dont l'autre augmente avec cette dernière. Si l'on désigne par a la première résistance et par b_1 la résistance réelle d'un arc d'une longueur de division 1, la mesure de la résistance totale d'un arc de cette longueur sera $=a+b_1$. Si l'arc a une longueur de 2 divisions et si l'on désigne par b_2 la résistance moyenne de chacune d'elles, la résistance totale de cet arc sera $a+2b_2$. Pour un arc d'une longueur de 3 divisions la résistance totale sera $=a+3b_3$, etc., etc. Les expériences décrites plus loin montrent que a a une valeur considérable et que b_1, b_2, b_3, etc., etc. sont d'égale grandeur.

J'ai employé une pile de Bunsen dont le charbon plongeait dans l'acide nitrique. Le rhéostat était une boîte en bois de la forme d'un parallélipipède, enduite d'asphalte intérieurement : elle avait 440 millimètres de long, 148 de large et de haut, et était en partie remplie d'une dissolution de sulfate cuivrique. Deux lames de cuivre, de la même largeur que la boîte, y étaient placées verticale-

ment et pénétraient jusqu'au fond. L'une d'elles était fixe et conservait sa place pendant les expériences ; tandis que l'autre pouvait se déplacer parallèlement à elle-même, et l'écartement entre les deux se lisait à l'aide d'une graduation faite dans ce but sur les arêtes supérieures de la boîte. Le courant était introduit dans la dissolution par une des lames et sortait par l'autre. Pour écarter l'influence de la polarisation sur la précision des mesures, on introduisait constamment dans le circuit une portion plus ou moins grande du rhéostat. Le courant était mesuré par une boussole des tangentes et pouvait être renversé à l'aide d'un commutateur. Comme ces expériences nécessitaient l'emploi de courants très-forts, on ne pouvait pas se servir de fils métalliques pour le rhéostat, parce qu'ils se seraient trop échauffés, et auraient apporté une perturbation dans la résistance qu'ils opposent à la conductibilité.

Les pointes des pôles, entre lesquelles l'arc voltaïque se formait, étaient adaptées au nouvel appareil de Foucault pour la lumière électrique constante. Toutefois, dans la plupart des expériences, cet appareil n'a été employé que comme support des pôles, et l'écartement voulu, entre les pointes, s'opérait en approchant ou reculant les pointes des pôles avec la main[1].

Pendant les expériences, l'appareil était placé dans sa lanterne. On ne mesurait pas la longueur de l'arc directement par l'écartement des pointes ; mais à l'aide

[1] M. le Dr Stenberg, professeur de l'École de médecine de Stockholm, qui m'a aidé dans toutes ces expériences, mesurait, d'après l'écartement des pôles, la longueur de l'arc voltaïque pendant que je lisait sur la boussole des tangentes l'intensité du courant. Je saisis cette occasion pour exprimer à M. Stenberg mes sincères remercîments.

d'une lentille placée dans la lanterne on produisait une image grossie de l'arc, qui était projetée sur une échelle graduée, disposée contre la paroi opposée de la chambre. La distance des divisions parallèles de l'échelle était de dix millimètres. Le grossissement de la lentille était environ de vingt-cinq fois. Chaque division de l'échelle correspondait, par conséquent, à une longueur de l'arc d'environ 0,4 de millimètre. Pour rendre l'image de l'arc voltaïque bien nette, on excluait de la chambre la plus grande partie de la lumière du jour.

Première série d'expériences.

4. La pile se composait de 76 éléments. Les pointes des pôles étaient en charbon dur, le même probablement que celui dont on se sert pour les piles. Avec 0,6 de pouces du rhéostat dans le circuit et les pointes de charbon en contact l'une avec l'autre, la déviation de la boussole était $= 63°30'$ et avec 8,4 pouces elle était $= 51°5'$. Il résulte de là que la résistance (M), *en dehors* du rhéostat, était de 11,994 unités de résistance. A la fin de cette série d'expériences, la boussole indiquait dans le premier cas 64 degrés et dans le second $52°10'$; d'où l'on obtient $M = 12,577$. La moyenne de M pendant cette série était, par conséquent $= 12,285$ unités de résistance.

Expérience première. Quand on formait un arc voltaïque d'une longueur de 5 divisions, 0,6 pouces de rhéostat étant introduits dans le circuit, l'intensité du courant était $= Tg\ 51°5'$. En mettant ensuite les pointes de charbon en contact et les pressant fortement l'une contre l'autre, il fallait introduire dans le circuit 8,4 pouce de rhéostat pour amener la boussole au même angledes

déviation. La résistance totale de cet arc était, par conséquent, de 8,4 — 0,6 = 7,8 unités de résistance. Avec la même intensité de courant on a obtenu, pour des arcs plus courts, les résultats suivants :

Longueur de l'arc	=4	divisions ;	résistance de l'arc	=7,6
»	»	=3	»	»	»	=7,3
»	»	=2	»	»	»	=7,1
»	»	=1	»	»	»	=6,9

D'après cela on obtient :

$$a+5\,b_5=7{,}8;\ a+4\,b_4=7{,}6;\ a+3\,b_3=7{,}3;\ a+2\,b_2=7{,}1$$
$$\text{et } a+b_1=6{,}9.$$

Pour chaque augmentation de l'arc d'une division, la résistance augmente donc de 0,2 unités de résistance. D'où l'on peut conclure que :

$$b_5=b_4=b_3=b_2=b_1=0{,}2 \text{ et } a=6{,}7.$$

La force électromotrice qui se produit dans l'arc voltaïque diminue, par conséquent, l'intensité du courant de la même quantité que l'insertion d'une résistance égale à 6,7 unités de résistance. Partant de là on peut facilement calculer la grandeur de cette force opposée, exprimée en force électromotrice de la pile. Si l'on désigne par E la force électromotrice de la pile et par D celle de l'arc voltaïque, on a :

$$\frac{E}{12{,}285+8{,}4=20{,}685}=\frac{E-D}{20{,}685-6{,}7=13{,}985};$$

d'où

$$D=0{,}3239\ E.$$

Expérience deuxième. En élevant la résistance M à 14,176 unités de résistance et en intercalant 11,0 unités de résistance du rhéostat, l'intensité du courant était

$= Tg\ 45^\circ 30'$. Voici les résultats obtenus avec cette intensité de courant :

Longueur de l'arc		=3 divisions;	résistance de l'arc			=10.4
»	»	=2	»	»	»	= 9.8
»	»	=1	»	»	»	= 9.2

Pour cette intensité de courant on a, par conséquent :

$$a+3b=10{,}4\,;\ a+2b=9{,}8 \text{ et } a+b=9{,}2\,;$$

d'où

$$a=8{,}6 \text{ et } b=0{,}6.$$

Si l'on calcule D de la même manière que dans l'expérience précédente, on obtient :

$$D=0{,}3416\,E.$$

Expérience troisième. Dans cette expérience, on a fait $M = 21{,}29$ unités de résistances; avec 13,5 pouces de rhéostat introduits dans le circuit, la boussole a indiqué en moyenne $36^\circ 22'$. Ces 13,5 pouces comprenaient toute la longueur du rhéostat, de sorte qu'en conservant la valeur indiquée pour M, on ne pouvait pas diminuer l'intensité du courant au moyen du rhéostat. Quand la longueur de l'arc était de 2 divisions et que la portion du rhéostat introduite dans le circuit était de 0,6 pouce, la déviation de la boussole était de $33^\circ 40'$. D'après cela, on peut facilement calculer la résistance de l'arc voltaïque. On obtient, en effet :

Longueur de l'arc		=2 divisions;	résistance de l'arc			=16,66
»	»	=1	»	»	»	=14,76

De là on obtient, l'intensité du courant étant $= Tg\ 33^\circ 40'$:

$$a+2b=16{,}66 \text{ et } a+b=14{,}76\,; \text{ d'où } a=12{,}86 \text{ et } b=1{,}9.$$

Calculant avec ces données D comme dans la première expérience, on obtient :

$$D=0{,}3336\,E.$$

Cette expérience montre que *la force électromotrice (D) dans l'arc voltaïque est indépendante de l'intensité du courant, et que la résistance propre à l'arc est proportionnelle à sa longueur et augmente quand l'intensité du courant diminue.*

5. Au premier abord, il peut paraître inattendu que D soit indépendant de l'intensité du courant; mais avec un peu de réflexion, on ne tarde pas à reconnaître que ce fait est entièrement d'accord avec d'autres propriétés du courant voltaïque qui rentrent dans cette catégorie. Le travail mécanique que dépense le courant pour désagréger les pointes des pôles est mesuré par la diminution dans la production totale de chaleur dégagée par le courant, chaleur qui est produite par la force électromotrice D, engendrée par la désagrégation. Si l'on désigne par E la force électromotrice de la pile et par L la résistance pour une certaine intensité de courant, quand il ne se forme point d'arc voltaïque, $\frac{E}{L}$ exprimera l'intensité du courant et $\frac{E^2}{L}$ toute la quantité de chaleur produite par le courant. Si, au contraire, il y a formation d'un arc voltaïque, et si L continue à représenter la résistance totale, alors $\frac{E-D}{L}$ exprimera l'intensité du courant et $\frac{(E-D)^2}{L}$ la quantité de la chaleur produite. Le travail effectué par le courant dans l'arc voltaïque a donc, pour équivalent, la différence entre ces deux quantités de chaleur, savoir $\frac{E^2-(E-D)^2}{L}=\frac{D(2E-D)}{L}$. Si la résistance devient L′ et que l'intensité du courant soit éga-

lement modifiée, le même équivalent devient $\frac{D(2E-D)}{L'}$. Le travail mécanique, dans le premier cas, étant représenté par A, et par A' dans le second, on aura $A:A' = L':L$. Mais les résistances L' et L sont inversément proportionnelles aux intensités du courant. Il résulte de cela que *le travail effectué par le courant dans l'arc voltaïque, la force électromotrice restant constante, est proportionnel à l'intensité du courant.* — La même loi s'applique au travail mécanique dépensé par le courant pour produire le dégagement de chaleur. La chaleur produite est proportionnelle à $E.\frac{E}{L'}$ et, par conséquent, si E est constant, à l'intensité du courant. Cette égalité entre les deux cas n'existerait pas, comme on le comprend facilement, si D n'était pas indépendant de l'intensité du courant.

Deuxième série d'expériences.

6. Dans cette série d'expériences, je me suis proposé d'examiner si et comment D pourrait dépendre de la force électromotrice de la pile. Dans ce but, j'ai fait varier le nombre des éléments. Ces expériences ayant été faites avec de nouvelles pointes de charbon, qui différaient peut-être des premières quant à leur dureté et à d'autres propriétés, et comme, de plus, la solution de sulfate cuivrique dans le rhéostat avait pu s'altérer pendant les jours qui se sont écoulés entre les deux séries, on ne peut pas considérer les résultats comme étant comparables.

Expérience quatrième. La pile était composée de 79 éléments. Avec 0,6 de pouce du rhéostat introduit dans le circuit, et les pointes de charbon étant fortement

appuyées l'une contre l'autre pour que le contact fût parfait, la déviation de la boussole des tangentes était de 60°35'. Avec 13,5 (pouces) unités du rhéostat dans le circuit, la déviation était 42°55'. Ceci permet de calculer la résistance totale, *en dehors* du rhéostat, ou M, qui était de 13,62 unités de résistance. Si l'on admet comme unité la force électromotrice qui, pour la résistance 1, produit une déviation de 45 degrés à la boussole, l'on a pour la force électromotrice de la pile E = 25,22.

Avec 0,6 pouce de rhéostat dans le circuit, plus une longueur d'arc voltaïque de 4 divisions, la boussole s'arrêtait à 48°5'. En introduisant ensuite 9,0 pouces de rhéostat dans le circuit et appuyant les pointes de charbon l'une contre l'autre, pour les mettre en contact, on obtenait le même nombre de degrés. La résistance d'un arc voltaïque de 4 divisions était, par conséquent = 8,4.

L'intensité du courant restant la même, on a obtenu pour des arcs plus courts les résultats suivants :

Longueur de l'arc		=3 divisions;	résistance de l'arc		=7,8
»	»	=2 »	»	»	=7,2
»	»	=1 »	»	»	=6,6

d'où

$$a=6{,}0 \text{ et } b=0{,}6.$$

En calculant d'après cela D, comme plus haut, au moyen de l'équation

$$\frac{E}{13{,}62+9{,}0=22{,}62}=\frac{E-D}{22{,}62-6{,}0=16{,}62}$$

on obtient :

$$D=0{,}2652\,E=6{,}690.$$

Expérience cinquième. On a enlevé 24 éléments de la pile, de manière à n'en laisser que 55. Avec 0,6 pouce de rhéostat dans le circuit, et les pointes de charbon en

contact, la boussole s'arrêtait à 63°32′, et avec 13,5 pouces à 38°59′. D'où l'on calcule la résistance totale, *en dehors* du rhéostat, M = 8,104 et E = 17,483.

Quand on introduisait dans le circuit 0,6 pouce de rhéostat et une longueur d'arc voltaïque de 2 divisions, la boussole indiquait 43°30′, et en y insérant 10,2 pouces, les pointes de charbon étant en contact, on obtenait la même déviation de la boussole. D'où il résulte :

Longueur de l'arc =2 divisions; résistance de l'arc =9,6:

et pour la même intensité de courant :

Longueur de l'arc =1 division; résistance de l'arc =8,4.

L'on a, par conséquent :

$$a=7,2 \text{ et } b=1,2.$$

Calcule-t-on d'après cela la valeur de D, comme on l'a fait plus haut, on obtient :

$$D=0,3934\ E'=6,877.$$

Ces deux expériences conduisent ainsi à ce résultat, *que D est indépendant de la force électromotrice de la pile.* La différence entre 6,877 et 6,690 peut, en effet, être considérée comme provenant d'une erreur d'observation [1].

[1] M. le professeur Edlund donne en outre la description de quatre autres séries d'expériences, pour lesquelles nous renvoyons à l'original. (*Réd.*)

STATION DE L'HOMME
DE L'AGE DE LA PIERRE
A VEIRIER PRÈS DE GENÈVE
LETTRE ADRESSÉE A M. E. LARTET

PAR

M. Alph. FAVRE.

Genève, le 18 février 1868.

Monsieur,

Vous apprendrez sans doute avec intérêt que depuis quelques mois on a retrouvé à Veirier, au pied du mont Salève, non loin de Genève, des débris de renne et une station de l'homme de l'âge de la pierre, près de celle que M. Taillefer avait observée; vous avez rappelé cette dernière découverte dans le travail que vous avez publié en 1861 dans les *Annales des Sciences naturelles*, et M. Troyon en a parlé dans son dernier ouvrage (1867).

Les débris d'êtres organisés qui se trouvent dans cette station se rencontrent au milieu d'un grand éboulement provenant de la chute des couches presque verticales du mont Salève. On peut déterminer assez exactement l'époque à laquelle cet éboulement s'est produit. En effet, on trouve des blocs granitiques au milieu des blocs calcaires qui le composent, par conséquent il est postérieur à l'arrivée des blocs erratiques dans notre pays et à l'époque glaciaire. Il est donc évident que les hommes qui ont vécu à la surface de cet éboulement ou dans les vides laissés

entre les gros blocs qui le composent n'ont pas habité cet endroit avant l'époque glaciaire.

D'un autre côté on comprend que l'éboulement a eu lieu pendant l'époque de l'alluvion des terrasses qui fait suite à l'époque glaciaire; je parle ici de la masse principale des rochers éboulés, car de nos jours il y a encore des chutes de pierres. La relation d'âge entre l'alluvion des terrasses et l'éboulement est fixée par les faits suivants. Ce dernier a formé en avant de la base du mont Salève un monticule considérable, mais peu élevé, qui, tout en étant joint à la montagne, fait saillie du côté de la plaine; l'Arve en a arrosé les bords en coulant après l'époque glaciaire et pendant l'époque de l'alluvion des terrasses à un niveau supérieur à son niveau actuel, et en taillant des deux côtés du monticule de grandes berges cintrées dont la concavité est tournée du côté de la montagne. Il est donc évident que l'éboulement a eu lieu avant le moment où l'Arve taillait ces berges, arrosait les flancs du monticule en le contournant et y déposait des sables qui recouvrent les blocs calcaires jusqu'à une certaine élévation.

Mais à quelle hauteur les eaux sont-elles arrivées contre le monticule de Veirier? Il est assez difficile de faire une réponse précise à cette question, parce qu'elle se rattache à celle du niveau des eaux dans le bassin du Léman à l'époque de l'alluvion des terrasses. L'homme n'a probablement pas habité le monticule de Veirier au moment de la plus grande hauteur des eaux de cette époque, il n'est venu que lorsque celles-ci s'étaient abaissées; mais on peut être certain que les eaux se sont élevées au moins à 38 ou 40 mètres au-dessus du niveau actuel de l'Arve (en admettant 393 mètres au-dessus de la mer

pour ce dernier), et les débris de l'homme et du renne sont à 42 mètres *environ.*

On pourrait supposer que l'homme ne s'est établi sur le monticule de Veirier qu'à une époque où les eaux étaient à peu près à leur niveau actuel. Je ne le crois pas, et je pense qu'à l'âge du renne, qui n'est qu'une subdivision de l'époque de l'alluvion des terrasses, et pendant que le monticule de Veirier était habité, les eaux de notre pays étaient plus élevées qu'elles ne le sont maintenant : la position des ossements de renne trouvés en Suisse dans le terrain quaternaire le prouve. Ces ossements n'ont été recueillis que dans cinq localités ; ce nombre est petit, mais le niveau des gisements est important à noter. Tous sont dans l'alluvion des terrasses, trois sur les bords du lac de Genève, l'un au village de Saint-Prex à 25 mètres au-dessus du niveau du lac, l'autre près de Lutry au même niveau, et le troisième près de Cully à 22 mètres.

Dans le reste de la Suisse on n'a trouvé des ossements de renne dans l'alluvion des terrasses qu'à Meilen sur les bords du lac de Zurich et à Windisch sur les bords de la Reuss. Je n'ai pas de détails sur le premier de ces gisements, mais, dans le second, les débris de renne étaient à 20 ou 25 mètres au-dessus de la rivière, d'après ce que M. Rutimeyer a bien voulu m'apprendre.

Le renne vivait donc dans notre pays pendant que les eaux déposaient des graviers à 25 mètres au-dessus du niveau actuel des lacs et des rivières, et quoiqu'on n'ait pas encore trouvé de trace d'homme dans les alluvions des terrasses à 25 mètres au-dessus des eaux actuelles, il est très-probable que l'homme, qui est apparu sur la terre pendant l'époque de cette alluvion, au moins dans nos

régions, comme je l'ai dit dans mes *Recherches géologiques*, a vécu à l'époque du renne, sur le monticule de Veirier, pendant que l'Arve en arrosait les talus et permettait aux habitants de se livrer à la pêche sans s'éloigner de leurs demeures.

Les éboulements de Veirier sont formés par de gros rochers calcaires laissant entre eux des anfractuosités ou espèces de cavernes, qui pouvaient servir d'habitations, de réduits pour des provisions lorsque leur ouverture était latérale, ou de fosse pour jeter des *débris de cuisine*, lorsque l'ouverture était à la partie supérieure.

La cavité où l'on a dernièrement trouvé des ossements, quoique formée par deux gros rochers, était, avant les travaux que l'on vient d'y pratiquer, remplie de quelques gros blocs et d'un *caillouti* très-compacte, et l'on a pu recueillir aussi des ossements dans ce même *caillouti*, dans des endroits où il semble qu'il n'y a jamais eu ni gros rocher, ni caverne. Presque toujours les ossements sont associés à une terre noire, qui doit probablement sa couleur à la décomposition des matières animales.

Le monticule formé par les éboulements est largement exploité depuis longtemps, en sorte qu'on ne peut douter de la destruction de beaucoup de choses curieuses. La preuve en est que dernièrement on a ramassé, à la surface des déblais tirés des carrières, un assez grand nombre de silex taillés à éclats et d'ossements dont quelques-uns étaient travaillés. Dans ce même monticule, M. W. Deluc avait trouvé, il y a une trentaine d'années, un foyer où il y avait du charbon, des ossements et du noir de fumée attaché aux rochers. C'est là que MM. Taillefer et Mayor avaient fait des observations dont vous avez parlé; et je dois à l'obligeance de M. le Dr H. Gosse la liste sui-

vante des objets que ces messieurs ont recueillis, et qui sont conservés au musée de Genève.

Ce sont des silex taillés à éclats, en général de petites dimensions, et qu'on peut nommer grattoirs, couteaux et pointes de flèche. Un instrument en pierre tendre ayant la forme d'une petite hache. Des os travaillés ayant la forme de spatules, de poinçons, d'aiguilles et de pointes de flèche barbelées. Un os travaillé ayant à peu près la forme d'un poignard. Un petit os percé et travaillé. Un os percé et travaillé de 0m,25 de longueur. Sur ce dernier on a observé depuis peu de jours un dessin représentant un animal assez mal figuré. Il y a environ une trentaine d'années que l'on a trouvé cet os gravé, et si l'on avait su y voir à cette époque le dessin de cet animal, cet os aurait peut-être été le premier de son espèce : toutes les belles découvertes faites en France n'ayant pas encore eu lieu.

En faisant une course à Veirier avec des jeunes gens à la fin du mois de septembre dernier, je leur expliquai la découverte de M. Taillefer : des ouvriers qui étaient près de nous, nous indiquèrent une carrière dans laquelle les ossements étaient abondants ; j'y trouvai aussitôt deux silex taillés à éclats semblables à des pointes de flèches et j'attachai, comme vous pouvez le comprendre, une grande importance à cette trouvaille. Je retournai plusieurs fois à cette carrière et formai la petite collection dont je vais vous parler. Depuis lors, j'ai appris que M. le Dr Gosse connaissait ce gisement [1] ; maintenant il est exploité par M. Thioly [2]; mais on trouve encore des ossements et des

[1] Il prépare un mémoire sur ce sujet. Voyez aussi *Matériaux pour servir à l'histoire primitive de l'homme*, par G. de Mortillet. Janvier 1868, page 4.

[2] *Revue savoisienne*, 1868.

silex dans d'autres parties de l'éboulement. Les ossements que j'ai recueillis ont été examinés par M. le professeur Rutimeyer de Bâle, et voici un extrait de la lettre qu'il a eu l'obligeance de m'écrire à ce sujet. M. Rutimeyer a reconnu des ossements appartenant aux espèces suivantes :

1° *Equus caballus,* cheval ordinaire différent de l'*Equus fossilis* de certaines localités d'âge semblable à la station de Veirier. Race de grandeur moyenne.

2° *Bœuf,* représenté par : *a)* une phalange du pied de devant, d'une grandeur telle que M. Rutimeyer l'attribue, mais avec hésitation, au *Bos primigenius ; b)* fragment de tête et une dent molaire d'un Bœuf très-grand, mais qui reste pourtant dans les dimensions acquises par le bœuf domestique, *Bos taurus ; c)* un fragment de tibia d'un petit animal de la même espèce.

3° *Cerf.* Quelques ossements et une série dentaire presque entière d'un cerf *(Cervus elaphus)*, de très-grande taille, telle que M. Rutimeyer n'en a guère rencontré parmi les exemplaires parfois presque gigantesques des habitations lacustres. On ne peut comparer ces dents qu'à celles du *Cervus megaceros* de l'Irlande, qui ne dépassent guère les dimensions des dents de Veirier. Cependant, à moins que des restes de bois du *Cervus megaceros* ne soient trouvés plus tard, M. Rutimeyer est disposé à les attribuer au cerf ordinaire.

4° *Le Renne, Cervus tarandus*, c'est l'espèce la plus amplement représentée après le cheval dans ma petite collection. M. Rutimeyer n'a pu déterminer tous les os avec exactitude, parce qu'il n'a pas de squelette de renne à sa disposition ; mais le grand nombre des dents suffit pour démontrer la présence fréquente de cet animal à Vei-

rier. M. Rutimeyer attribue aussi au Renne un morceau de bois de cerf travaillé que je lui ai envoyé.

5° *Le Lièvre des Alpes, Lepus variabilis,* une mâchoire inférieure et quelques ossements qui ne laissent pas de doute sur le fait de la présence, à Veirier, du lièvre des Alpes et non du lièvre commun.

6° *Le Lapin, Lepus cuniculus*, quelques fragments d'os.

7° *La Marmotte, Arctomys marmotta,* une dent.

8° *Le Blaireau, Meles taxus,* un humérus.

9° *Le Ptarmigan, Tetrao Lagopus*, beaucoup d'os, se rapportant au moins à cinq individus.

10° Quelques pièces mal conservées se rapportant au Mouton ou au Bouquetin.

11° *L'Homme,* quelques fragments de l'Homme adulte et deux morceaux du crâne d'un enfant nouveau-né ou âgé au plus de quelques mois. L'un de ces fragments a été perforé très-probablement par un insecte.

M. Rutimeyer termine sa lettre en me disant que parmi les cinquante caisses avec ossements de localités suisses qu'il a examinées, aucune ne lui a offert un aussi grand intérêt que ma petite boîte.

Avec les ossements ci-dessus, j'ai recueilli :

1° Environ trois douzaines de silex taillés à éclats, les uns noirs, les autres blonds, et d'autres altérés à la surface. Ils sont d'une petite dimension, et servaient probablement de couteaux, de grattoirs ou de pointes de flèche.

2° Une espèce de spatule en os.

3° Un poinçon ou aiguille.

4° Une plaque en os travaillé, portant à sa surface quelques raies irrégulières.

5° Un cailloux ovoïde de grès.

6° Beaucoup de petits morceaux de charbon.

M. Thioly a récolté une très-grande quantité de silex taillés à éclats (*nuclei*, grattoirs, couteaux, pointes de flèche), ainsi que des ossements de renne et d'autres animaux dont l'examen fournira, sans doute, des résultats intéressants. M. Thioly possède aussi beaucoup d'os travaillés, les uns portent des rainures, d'autres sont évidés ou coupés de manière à présenter un demi-cylindre, à l'une de leurs extrémités ils sont coupés en biseaux et usés; il est assez probable qu'ils pouvaient servir de cuillers, lorsqu'on fermait l'extrémité opposée à celle qui est usée. M. Thioly possède encore des spatules, des poinçons, des aiguilles, des coquilles de pectoncles perforées.

Mais la pièce la plus remarquable est un os d'environ 18 centimètres de longueur, percé d'un trou à l'une de ses extrémités. Il porte d'un côté une gravure qui représente probablement une plante, elle consiste en une ligne droite de laquelle partent d'autres lignes sur lesquelles sont placés des losanges; de l'autre côté de ce même os, on reconnaît un dessin représentant un animal dont on voit nettement les jambes et une partie du corps; la tête est assez effacée, mais des lignes recourbées, qui partent de celle-ci et qui se rapprochent du dos, donnent à ce dessin du rapport avec un bouquetin. Vous remarquerez, Monsieur, que M. Rutimeyer, qui n'avait pas connaissance de ce dessin, a parlé de la présence probable des ossements de bouquetin à Veirier.

Tels sont, Monsieur, les faits que je tenais à vous faire connaître, ils m'ont paru dignes d'attention sous plusieurs rapports, surtout en ce qu'ils étendent jusque très-près des Alpes la région occupée par les hommes à l'âge du renne, mais je n'ose en tirer d'autres conséquences, et je

préfère vous en confier le soin, à vous, Monsieur, qui avez fait de si beaux travaux pour préciser les diverses époques de l'âge de la pierre.

Veuillez agréer, Monsieur, etc.

Dans une lettre que M. Lartet a bien voulu nous adresser en réponse à notre communication, nous trouvons l'indication de quelques faits qui, sans aucun doute, intéresseront vivement nos lecteurs.

Les observations faites à Veirier semblent importantes à M. Lartet, en ce qu'elles permettent de préciser les relations chronologiques entre une station de l'âge du renne *prédominant* et les hauts niveaux de nos grandes alluvions.

La faune et les objets d'art ou d'industrie recueillis à Veirier paraissent, aux yeux du savant paléontologiste français, de même âge que ceux de plusieurs stations du Périgord, nommées de seconde époque, où dominent le renne, le cheval, où l'on trouve le bouquetin de même espèce que celui des Alpes, et une industrie avancée et spéciale de bois d'animaux façonnés en outils ou ornés de dessins d'animaux.

« Dernièrement, ajoute M. Lartet, plusieurs savants « distingués ont pensé que le renne avait dû persister « dans l'Europe occidentale jusqu'à des temps fort rap- « prochés de notre époque; mais ils n'ont pas toujours « appuyé leurs assertions par des preuves irréfragables. « Ainsi, après M. Hibbert, M. Brandt de St-Pétersbourg « et M. Boyd-Dawkins (*Popular scientif. review. January* « 1868) ont admis que le renne était encore chassé, « dans le district de Caithness en Écosse, vers le milieu

« du douzième siècle; mais cette évidence ne repose que « sur l'emploi de noms de bêtes très-équivoques qui se « trouvent inscrits dans une Saga. D'autres savants ont « écrit que, vers la fin de la domination romaine dans les « Gaules, on faisait venir d'Angleterre des chiens spécia- « lement dressés à la chasse du renne. Le savant profes- « seur de la Sorbonne, M. Gervais, a plusieurs fois ex- « primé l'opinion que le renne, *domestiqué* et *mangé* dans « nos cavernes, pouvait avoir été amené par des Finnois, « et, plus récemment encore, M. Van Beneden, dans son « rapport sur les collections polytechniques de l'Univer- « sité de Louvain, vient d'imprimer que *le renne* (celui « de nos cavernes de Belgique et de France) *n'était pas « plus que le cheval un animal sauvage des forêts de cette « époque, l'un et l'autre avaient été amenés de l'Asie, et si « le Lapon a abandonné le cheval, c'est, sans doute, qu'il « n'a pu le garder à cause du manque de nourriture.*

« Ce qui me paraît mieux démontré et par des éviden- « ces plus directes, dit encore M. Lartet, c'est que le « renne aurait pu émigrer graduellement vers le nord, et « par étapes successives; ainsi, ses restes ont été obser- « vés dans les tourbières de la Poméranie, plus récentes « probablement que nos dépôts des cavernes, et, d'après « M. Grewink, son existence aurait pu se prolonger dans « la Livonie jusqu'au dixième ou au quinzième siècle de « notre ère. »

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

A. Kundt. De la vitesse du son dans des tuyaux [1].

Les *Archives* ont donné dans leur numéro de mars 1867 un mémoire de M. Kundt sur de nouvelles figures acoustiques produites par la vibration de l'air ou d'un gaz quelconque dans l'intérieur d'un tuyau fermé mis lui-même en vibration, et sur une application de ces figures à la mesure de la vitesse du son dans ces différents gaz. Cette vitesse lui était donnée par le rapport des longueurs d'onde correspondantes au même son dans ces différents gaz et dans l'air.

Ayant voulu plus tard appliquer cette méthode, M. Kundt arriva à des résultats fort peu concordants, et cela malgré les précautions les plus minutieuses pour avoir des gaz parfaitement purs et secs. Il fut donc amené à chercher la source d'erreur qui devait se trouver dans ses expériences, et cela d'autant plus qu'il reconnut tout d'abord que ces irrégularités ne tenaient pas à sa méthode, mais qu'elles étaient inhérentes à la propagation du son dans des tuyaux.

De là une étude faite par M. Kundt des différentes circonstances qui peuvent influer sur la vitesse de propagation du son dans des tuyaux, étude dont voici les résultats :

1° La vitesse de propagation du son dans un tuyau diminue avec le diamètre de ce tuyau. Cette diminution ne devient sensible cependant qu'à partir d'un certain diamètre. au delà de cette limite et dans tous les tuyaux plus larges, la vitesse du son demeure invariable. Cette diminution de la

[1] *Monatsberichte der königl. Acad. der Wissenschaften zu Berlin*, 19 Décembre 1867.

vitesse du son est parfois déjà sensible, quand le diamètre du tube est égal au quart de la longueur d'onde du son rendu.

2° Cette diminution de la vitesse du son dans des tuyaux pleins d'air croît avec la longueur d'onde du son employé.

3° Une poudre fine répandue dans l'intérieur du tube est sans action sur la vitesse du son dans le cas d'un tube large, mais dans un tube étroit elle diminue d'autant plus la vitesse du son que sa masse est plus considérable. La diminution provenant de cette cause peut aller jusqu'à 10 mètres.

4° L'influence de cette poudre est d'autant plus grande qu'elle est plus fine, et qu'elle se trouve par là entraînée plus violemment dans le mouvement de l'air, comme l'acide silicique provenant de la silice gélatineuse.

5° Si l'intérieur du tube est dépoli, ou que l'on y introduise une paroi rugueuse telle qu'une feuille de papier ou une feuille métallique, la vitesse du son en sera sensiblement diminuée dans des tubes étroits et cela plus que par le simple fait de la diminution de section provenant de l'introduction de cette paroi. En revanche le plus ou moins de rugosité de la surface intérieure n'influe pas sur la vitesse du son dans dans des tubes larges.

6° Enfin la vitesse du son dans des tuyaux ne dépend pas de l'intensité de ce son.

En résumé la vitesse du son est invariable pour un même gaz dans des tuyaux suffisamment larges, mais elle varie avec différentes causes dans des tuyaux étroits. Or, c'est dans cette dernière catégorie qu'il faut ranger tous les tuyaux employés dans les instruments de musique, car dans tous ces tuyaux le rapport du diamètre de la colonne vibrante à la longueur d'onde du son rendu, est très-faible. Dulong avait déjà remarqué que la mesure de la vitesse du son dans des tuyaux sonores donne toujours des résultats trop faibles. sans pour cela attribuer cet effet à l'action des parois.

Étant donné cette variation de la vitesse du son dans des tuyaux, on peut l'expliquer de deux manières :

On peut d'abord l'attribuer au frottement ; et pourtant on sait que dans l'air libre le frottement de l'air sur lui-même ne retarde aucunement la vitesse du son. Il est donc probable que, tandis que l'amplitude du son dans l'intérieur d'un tube est diminuée par le frottement provenant de la plus grande dénsité de l'air contre les parois sa vitesse reste invariable. Cependant il n'est pas prouvé en toute rigueur que le frottement n'influe pas sur la vitesse du son dans l'intérieur d'un tuyau.

En revanche, il est plus probable, selon M. Kundt, que l'on doive attribuer les effets en question à la chaleur échangée à chaque instant entre l'air en vibration et les parois du tube. A chaque compression de l'air il y a production d'une certaine quantité de chaleur dont une partie est cédée aux parois et que celles-ci restituent lors de la dilatation. Or, dans cet échange, il y a nécessairement déperdition de chaleur et par conséquent diminution dans la vitesse de propagation du son.

Comme toutes les circonstances, qui augmentent la surface de la colonne d'air vibrante par rapport à son volume, facilitent cette communication de la chaleur de l'air au tube, il est clair que, s'il y a réellement une semblable communication de chaleur, la diminution dans la vitesse du son devra être d'autant plus grande que le tube est plus étroit, et que sa surface intérieure est plus inégale. De même une poudre répandue dans son intérieur devra agir d'autant plus que le tube sera plus étroit et qu'elle sera elle-même plus fine. Enfin, plus est grande la longueur d'onde du son rendu et avec elle la durée d'une vibration, plus sera grande la déperdition de chaleur qui se produit pendant cette durée ; la diminution dans la vitesse de propagation du son doit donc croître avec la longueur d'onde du son rendu.

Malgré cela, la méthode indiquée dans le précédent mémoire de M. Kundt pour la mesure de la vitesse du son dans les gaz pourra encore être employée, et avec une

grande exactitude, à condition de prendre des tubes suffisamment larges.

Après cette première série de recherches, l'auteur s'est encore imposé la tâche de faire à l'aide de sa méthode une double vérification, et il a reconnu premièrement, que la vitesse du son est bien la même à toutes les pressions; secondement, que la variation qu'elle subit par la température est bien rendue par le facteur $\sqrt{1+\alpha t}$ et cela dans des limites plus étendues qu'on n'avait pu le faire jusque-là avec les anciennes méthodes.

Il mesura la vitesse du son dans l'air à différentes pressions comprises entre 400^{mm} et 1760^{mm} dans des tubes larges. Entre ces limites, comprenant presque deux atmosphères, la vitesse du son est toujours restée constante.

Dans des tubes étroits la vitesse du son croît avec la pression de l'air, ce que l'auteur s'explique par le fait que l'air plus dense ne perd pas une aussi grande proportion de la chaleur produite dans ses vibrations que l'air moins dense.

M. Kundt donne ensuite le résultat de la mesure comparative de la vitesse du son à différentes températures. Étant admis que la vitesse du son à 0° est $332^{m},8$, il obtint comme moyenne de sept expériences pour la vitesse du son à 100° $388^{m},99$. Or, la formule théorique $332,8\sqrt{+1100\alpha}$ ($\alpha=0,003665$) donne pour vitesse du son à 100° $389^{m},03$ D'où il résulte que la formule est bien l'expression exacte de l'augmentation que subit la vitesse du son avec la température au moins jusqu'à 100°.

Ce fait étant constaté, on peut au contraire de la mesure de la vitesse du son à 100° déduire la mesure du coëfficient de dilatation de l'air. De la moyenne des sept observations ci-dessus, M. Kundt a déduit:

$$\alpha=0,003662.$$

Il suit de tout ce qui précède que, malgré les variations de la vitesse du son dans des tubes étroits, la méthode indiquée doit, avec les précautions nécessaires, donner des résultats

très-exacts, et que l'on pourra avantageusement en faire l'application à la mesure de la vitesse du son dans les différents gaz. E. S.

CHIMIE.

Dr E. DRECHSEL. RÉDUCTION DE L'ACIDE CARBONIQUE EN ACIDE OXALIQUE. (*Zeitschrift für Chemie*, IV, 120 ; 1868, 4me cahier.)

En 1861, MM. Kolbe et Schmitt avaient réalisé la synthèse de l'acide formique en faisant réagir de l'acide carbonique et de la vapeur d'eau tiède sur du potassium en lames minces :

$$4K + 4CO^2 + 2H^2O = K^2O,C^2H^2O^3 + K^2O,H^2O,2CO^2.$$

Depuis lors, M. Kolbe a fait tenter dans son laboratoire de nombreux essais en vue de transformer l'acide carbonique en acide oxalique. M. Drechsel est enfin arrivé au résultat désiré ; voici comment : On introduit dans un ballon d'une capacité de 200 cent. cubes environ, 10 à 15 grammes de sodium en morceaux, bien dépouillé de sa croûte extérieure et une quantité suffisante de sable quartzeux bien pur et sec : puis on y fait passer un courant rapide de gaz acide carbonique sec et l'on chauffe sur un bain de sable. Aussitôt que le sodium est fondu, on le brasse avec une baguette en verre recourbée, de manière à le mélanger avec le sable, ce qui produit une bouillie semi-fluide, d'un éclat argenté. A une température voisine du point d'ébullition du mercure, le sodium devient rouge-pourpre ; à partir de ce moment-là on doit le remuer avec soin, jusqu'à ce que le contenu du ballon soit transformé en une masse pulvérulente, foncée, qui ne possède plus que sur quelques points l'éclat métallique. Il faut soigneusement éviter de chauffer trop fort à la fin, sinon la masse prend feu et brûle complétement. Le résidu refroidi est ensuite étendu sur une assiette plate pour que les dernières portions de sodium inattaquées puissent s'oxyder à la longue, puis on le traite par l'eau, on le neutralise au

moyen de l'acide acétique, on le filtre pour le précipiter par le chlorure de calcium. Le précipité ordinairement un peu coloré se purifie par des dissolutions dans l'acide chlorhydrique, etc. 60 grammes de sodium ont fourni ainsi 6 grammes d'oxalate de chaux.

On peut remplacer le sodium par un alliage de sodium et de potassium ou par un amalgame de ce dernier métal qu'il faut chauffer alors jusqu'à l'ébullition pendant que l'on y fait passer rapidement le courant d'acide carbonique. Ce dernier procédé paraît donner un rendement plus fort que les autres.

La formation de l'acide oxalique par les métaux alcalins et l'acide carbonique, est analogue à celle de l'acide acétique par le méthyle-sodium et l'acide carbonique. La réaction s'effectue donc probablement en deux phases.

$$\text{I.}\quad 4Na + 2CO^2 = \underbrace{Na^2O,C^2Na^2O^3}_{\text{Natroformiate de soude}}$$

$$\text{II.}\quad \underbrace{Na^2O,C^2Na^2O^3}_{\text{Natroformiate de soude}} + 2CO^2 = \underbrace{2(Na^2O,C^2O^3)}_{\text{Oxalate de soude}}.$$

M. D.

A. Wanklyn et R. Schenk. Synthèse de l'acide caproïque. (*Journ. of the Chemial Society*, (2) VI, 31, janvier 1868.)

L'acide carbonique attaque le sodium-éthyle et le sodium-méthyle en formant respectivement du propionate et de l'acétate de soude. Il a semblé désirable aux auteurs d'obtenir une réaction parallèle avec des termes plus élevés de la série. Ils ont choisi le groupe amylique dans ce but.

Du mercure-amyle fut préparé au moyen de l'iodure d'amyle et de l'amalgame de sodium faible. Ce mercure-amyle fut transformé en zinc-amyle par digestion avec du zinc. Le zinc-amyle obtenu ayant été chauffé au bain-marie avec du sodium métallique, dans un tube scellé, donna du sodium-amyle avec précipitation de zinc.

En faisant passer de l'acide carbonique dans le sodium-amyle, les auteurs constatèrent un dégagement de chaleur : le résidu de l'opération, desséché au bain-marie, puis distillé avec de l'acide sulfurique affaibli, laissa passer dans le récipient un liquide oléagineux doué de l'odeur de l'acide caproïque. Combiné avec la baryte, cet acide donna un sel dont l'analyse conduit à la composition du caproate de baryte : le sel d'argent fournit également la quantité calculée d'argent.

La réaction de l'acide carbonique sur le sodium-amyle s'exprime par la formule suivante :

$$\underbrace{Na^2\,C^{10}\,H^{22}}_{\text{Sodium-amyle}} + \underbrace{C^2\,O^4}_{\text{A. carbonique.}} = \underbrace{Na^2O,C^{12}H^{22}O^3.}_{\text{Caproate de soude.}}$$

M. D.

E. LINNEMANN. SUR LA TRANSFORMATION DES AMMINES DANS L'ALCOOL MONOATOMIQUE DONT ELLES CONTIENNENT L'HYDROCARBURE. (*Ann. der Chemie und Pharm.*, tome 144, p. 128.)

Comme tous les chimistes le savent, la dissolution de nitrite d'ammoniaque se décompose à l'ébullition en eau et en azote. Dans les mêmes conditions, les nitrites des monammines produisent de l'eau, de l'azote et l'alcool qui correspond à l'hydro-carbure substitué à de l'hydrogène dans l'ammine. M. Linnemann s'est assuré du fait en ayant soin de faire passer l'azote qui se dégageait à travers de longs tubes remplis de pierre ponce et refroidis. La solution de nitrite doit être faiblement acidulée. Dans la décomposition du sel d'éthylammine, il s'est produit accessoirement un liquide jaune pâle, odorant, bouillant à 170-172, non-alcalin, ayant pour formule $Az^2C^4H^{10}O$. M. D.

MINÉRALOGIE. GÉOLOGIE.

SUESS. SUR L'ÉQUIVALENT DU ROTHLIEGENDE DANS LES ALPES MÉRIDIONALES [1].

M. Suess s'est occupé des dépôts sédimentaires compris entre le calcaire carbonifère et les schistes de Werfen (grès bigarré) dans les Alpes méridionales, et il a proposé pour ces terrains une nouvelle classification. Ses belles recherches l'ont amené à ranger dans le terrain permien des formations que, jusqu'à aujourd'hui, on rattachait tantôt au terrain carbonifère, tantôt au terrain triasique.

A la base des grès bigarrés se trouve le grès de Grédina qui ne contient pas de fossiles et qui constitue la partie supérieure du Rothliegende. Ce grès repose sur des couches de natures diverses, mais toujours caractérisées par la présence du mercure. Le savant professeur de Vienne les considère comme la partie supérieure du terrain permien. Dans le Tyrol méridional elles sont formées de verrucano associé à des roches talqueuses et à des porphyres quartzifères : en Carinthie, de calcaires talcifères ; plus à l'est, de serpentine, et en Carniole, de calcaires purs, stratifiés en couches minces. Les gisements de mercure de Carinthie et ceux de Vall'Alta, près d'Idria, appartiennent à cet horizon géologique. Il se prolonge hors des Alpes, dans le Palatinat, par exemple, et il y renferme d'importantes exploitations de ce métal.

Sous ce terrain, on reconnaît une puissante masse de schistes qui présentent souvent une texture cristalline (schistes micacés de Recoaro, de Trente, du Val Sugana). Ils forment une longue zone qui traverse la Carinthie et prend en Carniole un grand développement. Ils sont riches en minerais de cuivre, de galène, de fer, etc., et sont la prolongation des schistes de Casanna des Grisons. M. Suess y a recueilli l'*Odontopteris obtusiloba* Naum., le *Calamites gigas* Brong.,

[1] Sitzungsber. Wien. Acad. 18 janvier 1868.

deux plantes qui appartiennent au Rothliegende, et l'*Alethopteris aquilina* qui caractérise les couches supérieures du terrain houiller. Ces fossiles fixent donc l'âge des schistes de Casanna.

En Carinthie, ces schistes sont surmontès de masses puissantes de granit et de porphyre syénitique qui, d'aprés M. Suess, appartiendraient par conséquent au Rothliegende. Il ne serait pas impossible que plusieurs des masses granitiques des Alpes, celle de la Cima d'Asta en particulier, fussent de cette époque.

Telle est la série des formations que M. Suess a reconnue dans les Alpes méridionales : cette classification est un important progrès dans la géologie de cette region. On ne trouve pas dans les Alpes occidentales le calcaire carbonifère supérieur, mais on recueillera peut-être dans cette région des fossilees qui permettront de constater la présence du terrain permien avec plus de certitude qu'elle ne l'a été jusqu'ici. E. F.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE FÉVRIER 1868.

Le 1er, forte gelée blanche le matin ; couronne lunaire dans la soirée.
5 id. id.
6 id. hâle très-prononcé toute la journée.
7 id. hâle dans la matinée ; depuis 10 h. du soir, couronne lunaire et halo lunaire.
8, de 3 h. $^3/_4$ à 4 h. $^1/_4$, on voit le parhélie à l'est du soleil ; il est très-brillant et coloré. Couronne lunaire et halo lunaire dans la soirée.
9, forte bise depuis midi jusque dans la nuit.
10, la lumière zodiacale a été très-visible jusqu'à 7 h. du soir, mais faible depuis.
11, gelée blanche ; faible lumière zodiacale dans la soirée.
12 id. assez forte bise depuis midi jusqu'avant dans la nuit ; belle lumière zodiacale toute la soirée, visible jusqu'après 10 h.
13, lumière zodiacale assez brillante au commencement de la soirée.
14, gelée blanche, hâle toute la journée, très-intense dans la matinée ; belle lumière zodiacale toute la soirée.
15, gelée blanche, hâle tout le jour. Très-belle lumière zodiacale toute la soirée, visible jusqu'à 10 h.
16, forte gelée blanche ; couronne solaire de 7 h. $^3/_4$ à 8 h. $^1/_2$. Belle lumière zodiacale toute la soirée ; entre 7 et 8 h. elle s'étend jusque près de la voie lactée, qu'elle surpasse en éclat ; à 10 h. $^1/_2$ elle est encore visible.
17, faible lumière zodiacale toute la soirée.

Le 18, gelée blanche, hâle toute la journée. Lumière zodiacale assez brillante jusqu'à 7 h. 1/2.

19, gelée blanche; hâle toute la matinée. Lumière zodiacale toute la soirée; à 8 h. elle s'étend au delà des Pléïades, et surpasse la voie lactée en éclat.

23, pluie mêlée de quelques flocons de neige; la neige a pris pied jusqu'à mi-hauteur du Salève.

25, lumière zodiacale dans la soirée.

27, hâle dans la matinée. La lumière zodiacale est assez visible dans la soirée, malgré la lune.

28, gelée blanche; couronne solaire de 7 h. à 10 h. 1/2; halo solaire de 11 h. à midi et demi; faible lumière zodiacale dans la soirée.

29, gelée blanche; couronne lunaire depuis 8 h. 1/2.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 5 à 9 h. matin	742,70	Le 1 à 4 h. soir	728,45
10 à 11 h. 1/4 matin	742,84	8 à 5 h. soir	723,82
17 à 10 h. matin	736,69	15 à 4 h. soir	730,75
21 à 10 h. matin	732,84	19 à 4 h. soir	726,81
25 à 10 h. matin	739,07	22 à 10 h. soir	726,09

GENÈVE. — FÉVRIER 1868.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation en millièmes. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation en millièmes. Minim.	Fract. de saturation en millièmes. Maxim.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim.					mm.				0		cm
1	730,14	+ 2,88	+ 4,88	+4,71	— 3,0	+12,4	3,72	—0,52	598	—255	350	890	...	..	OSO. 1	0,51	4,7	0,0	78
2	731,22	+ 4,00	+ 6,90	+6,70	+ 4,9	+12,0	5,96	+1,71	816	— 36	640	940	0,3	3	S. 1	0,46	...	.....	79
3	731,42	+ 4,26	+ 8,13	+7,86	+ 3,1	+14,0	5,99	+1,73	742	—108	530	820	0,3	2	SO. 1	0,80	4,9	+ 0,2	79
4	737,95	+10,85	+ 3,41	+3,07	+ 0,5	+10,1	3,06	—1,20	557	—291	360	720	...	..	NNE. 1	0,02	5,1	+ 0,4	80
5	740,91	+13,86	— 0,57	—0,98	— 4,8	+ 4,5	3,52	—0,75	812	— 33	570	1000	...	..	SSO. 1	0,29	4,9	+ 0,2	80
6	736,15	+ 9,16	— 0,47	—0,95	— 5,0	+ 5,7	3,54	—0,74	819	— 24	490	1000	...	..	variable	0,00	5,0	+ 0,3	78
7	729,85	+ 2,92	+ 1,06	+0,51	— 4,9	+ 8,5	3,65	—0,64	749	— 92	500	1000	...	..	SSO. 1	0,08	4,9	+ 0,2	77
8	724,97	— 1,90	+ 4,26	+3,63	+ 0,5	+ 9,8	3,97	—0,33	665	—174	410	800	...	..	variable	0,39	4,9	+ 0,2	78
9	732,66	+ 5,85	+ 1,27	+0,56	— 1,5	+ 4,9	3,83	—0,48	775	— 62	600	940	...	..	NNE. 3	0,72	...	.....	78
10	741,77	+15,03	— 0,29	—1,08	— 3,5	+ 4,6	3,24	—1,08	742	— 94	510	900	...	..	variable	0,04	4,4	— 0,4	78
11	739,02	+12,34	+ 1,40	+0,52	— 4,7	+11,3	4,03	—0,30	786	— 49	540	940	...	..	variable	0,14	4,7	— 0,1	78
12	735,65	+ 9,04	+ 2,68	+1,71	— 2,8	+ 7,8	3,61	—0,73	675	—158	400	950	...	..	NNE. 2	0,17	5,0	+ 0,2	78
13	732,89	+ 6,34	+ 1,85	+0,79	— 2,4	+ 6,5	3,67	—0,68	714	—117	520	900	...	..	variable	0,00	5,0	+ 0,2	78
14	732,18	+ 5,70	+ 0,46	—0,69	— 4,6	+ 6,3	3,81	—0,55	811	— 18	520	970	...	..	N. 1	0,04	5,1	+ 0,2	78
15	731,26	+ 4,84	+ 1,01	—0,23	— 4,7	+ 8,0	4,22	—0,15	854	+ 27	550	1000	...	..	variable	0,20	5,2	+ 0,3	78
16	735,46	+ 9,09	+ 2,55	+1,22	— 3,7	+ 7,8	3,65	—0,72	679	—145	480	1000	...	..	NNE. 2	0,09	...	.....	80
17	736,01	+ 9,70	+ 1,07	—0,36	— 3,1	+ 5,9	3,59	—0,79	744	— 78	500	900	...	..	variable	0,08	5,2	+ 0,3	78
18	734,38	+ 8,12	+ 2,25	+0,72	— 4,5	+11,4	4,15	—0,23	781	— 38	400	1000	...	..	variable	0,00	5,4	+ 0,4	78
19	727,89	+ 1,68	+ 3,11	+1,48	— 4,0	+11,0	3,89	—0,50	701	—115	390	1000	...	..	SSO. 1	0,00	5,4	+ 0,4	77
20	730,89	+ 4,74	+ 4,98	+3,25	+ 1,2	+10,8	4,41	+0,02	691	—123	500	750	...	..	S. 1	0,96	5,5	+ 0,5	77
21	731,75	+ 5,65	+ 4,16	+2,33	+ 0,3	+ 7,5	4,03	—0,37	674	—137	480	840	...	..	SSO. 1	0,91	5,5	+ 0,4	77
22	728,10	+ 2,05	+ 5,92	+3,98	+ 1,2	+12,2	4,72	+0,31	689	—119	450	860	...	..	SSO. 1	0,89	5,8	+ 0,7	78
23	728,31	+ 2,31	+ 3,09	+1,04	+ 1,7	+ 7,2	4,50	+0,08	808	+ 2	570	880	2,9	5	NNE. 1	0,91	...	.....	78
24	736,06	+10,12	+ 3,76	+1,60	+ 1,8	+ 6,7	4,24	—0,19	730	— 73	560	820	...	..	N. 1	0,57	5,7	+ 0,5	77
25	738,27	+12,38	+ 4,83	+2,56	+ 2,2	+ 9,0	4,86	+0,42	771	— 30	570	960	...	..	N. 1	0,59	5,9	+ 0,7	77
26	736,50	+10,67	+ 6,19	+3,81	+ 1,4	+10,4	5,63	+1,18	801	+ 3	630	880	...	..	N. 1	0,88	6,0	+ 0,7	77
27	731,76	+ 5,98	+ 6,43	+3,94	+ 1,9	+17,1	5,87	+1,41	821	+ 26	530	940	...	..	variable	0,10	6,1	+ 0,8	75
28	729,54	+ 3,82	+ 4,98	+2,38	— 0,7	+11,8	4,64	+0,17	726	— 67	500	970	...	..	N. 1	0,30	6,3	+ 1,0	74
29	728,11	+ 2,44	+ 8,16	+5,45	— 0,3	+15,4	5,12	+0,64	641	—149	410	960	...	..	SSO. 2	0,14	6,4	+ 1,0	73

MOYENNES DU MOIS DE FÉVRIER 1868.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	733,67	734,24	734,51	734,08	733,28	733,20	733,61	734,02	734,41
2 «	734,15	734,49	734,37	733,86	733,05	732,72	732,95	733,21	733,22
3 «	732,54	732,90	733,03	732,49	731,54	731,14	731,31	731,53	731,46
Mois	733,49	733,91	734,00	733,51	732,66	732,40	732,67	732,96	733,08
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	— 0,29	— 0,12	+ 3,11	+ 6,17	+ 7,40	+ 6,64	+ 4,19	+ 2,89	+ 2,38
2e «	— 2,47	— 1,87	+ 2,95	+ 5,54	+ 7,27	+ 7,24	+ 4,71	+ 2,73	+ 1,27
3e «	+ 1,83	+ 2,38	+ 6,06	+ 8,48	+ 9,22	+ 8,58	+ 7,01	+ 6,11	+ 4,74
Mois	— 0,39	+ 0,05	+ 3,97	+ 6,67	+ 7,92	+ 7,45	+ 5,24	+ 3,83	+ 2,73
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	3,88	3,99	4,20	4,15	4,04	3,99	4,18	4,12	4,12
2e «	3,53	3,65	3,81	4,03	3,97	3,95	4,26	4,24	3,94
3e «	4,57	4,59	4,96	4,84	4,88	4,84	5,10	5,04	5,05
Mois	3,97	4,06	4,30	4,32	4,28	4,24	4,49	4,45	4,35
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	862	866	722	575	517	538	670	729	757
2e «	930	914	675	594	522	527	668	765	786
3e «	878	838	709	589	566	584	679	717	791
Mois	890	874	702	586	534	549	672	737	778

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	— 1,37	+ 8,65	0,33	4,85	0,6	78,5
2e «	— 3,33	+ 8,68	0,17	5,17	0,0	78,0
3e «	+ 1,06	+10,81	0,59	5,96	2,9	76,2
Mois	— 1,29	+ 9,33	0,36	5,32	3,5	77,6

Dans ce mois, l'air a été calme 1 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,93 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 59°5, O., et son intensité est égale à 13,8 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE FÉVRIER 1868.

Le 2, brouillard depuis 8 h. du matin à 2 h. de l'après-midi.
4, id. depuis 8 h. du matin à 4 h. de l'après-midi.
7, à 2 h. 10 m., on a senti une grande secousse de tremblement de terre.
9, brouillard jusqu'à 8 h. du soir.
12, id. jusqu'à 10 h. du matin et à 8 h. du soir.
21, id. jusqu'à 10 h. du matin.
23, id. de 8 à 10 h. du matin et depuis 4 h. du soir.
25, id. depuis 4 h. du soir.
29, id. depuis 8 h. du matin.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
		Le 2 à 6 h. matin...........	565,08
Le 5 à 10 h. matin...........	571,75		
		8 à 4 h. soir.............	558,14
10 à 10 h. soir.............	573,15		
		13 à 6 h. matin...........	564,73
17 à 8 h. soir.............	569,56		
		19 à 2 h. soir.............	562,25
20 à 10 h. soir.............	564,23		
		23 à 10 h. matin...........	558,45
25 à 10 h. soir........... ..	572,18		

SAINT-BERNARD. — FÉVRIER 1868.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum*	Température C. Maximum*	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	o	o	o	o	millim.	millim			
1	566,25	+ 6,05	565,41	567,41	— 2,55	+ 6,90	— 4,5	+ 0,3	.....	....	......	NE. 1	0,22
2	565,94	+ 5,76	565,08	566,74	— 3,30	+ 6,14	— 3,8	— 2,1	.....	.....	......	NE. 1	0,56
3	566,54	+ 6,38	566,03	567,32	— 3,05	+ 6,38	— 5,5	+ 0,2	.....	.....	.... .	NE. 1	0,23
4	568,62	+ 8,48	567,05	570,53	— 9,42	— 0,01	—11,2	— 7,2	20	2,5	2	NE. 1	0,60
5	571,24	+11,12	570,99	571,75	— 6,68	+ 2,72	— 8,5	— 4,5	.....	.....	......	NE. 1	0,08
6	569,51	+ 9,41	569,03	570,40	— 3,55	+ 5,83	— 4,2	— 2,4	.....	.....	......	NE. 1	0,02
7	564,85	+ 4,77	562,63	566,61	— 2,30	+ 7,06	— 5,1	+ 0,7	.....	.....	......	SO. 1	0,00
8	559,62	— 0,44	558,14	560,93	— 6,38	+ 2,96	— 9,2	— 3,3	.....	.....	......	NE. 1	0,33
9	564,51	+ 4,47	562,09	568,30	—10,08	— 0,77	—12,9	— 7,2	.....	.....	......	NE. 2	0,89
10	571,73	+11,70	569,22	573,15	— 7,73	+ 1,55	—11,0	— 4,7	.....	.....	......	NE. 1	0,12
11	570,90	+10,89	569,24	573,10	— 3,83	+ 5,43	— 6,7	+ 0,2	.....	.....	......	NE. 2	0,22
12	565,94	+ 5,95	565,42	567,06	— 9,36	— 0,13	—10,8	— 6,5	.....	.....	......	NE. 2	0,50
13	565,02	+ 5,04	564,73	565,35	— 8,11	+ 1,09	—10,5	— 5,3	.....	.....	......	NE. 1	0,03
14	565,74	+ 5,78	565,37	566,27	— 5,90	+ 3,27	— 7,9	— 3,3	.....	.....	......	NE. 1	0,00
15	566,62	+ 6,68	566,05	567,23	— 1,84	+ 7,30	— 4,7	+ 2,2	.....	.....	......	NE. 1	0,07
16	567,75	+ 7,82	566,08	568,91	— 6,87	+ 2,23	— 8,4	— 5,1	.....	.....	......	NE. 2	0,00
17	568,83	+ 8,92	568,37	569,56	— 5,93	+ 3,14	— 8,0	— 2,3	.....	.....	......	NE. 1	0,05
18	567,29	+ 7,39	566,38	568,31	— 5,96	+ 3,07	— 8,4	— 1,5	.....	.....	......	NE. 1	0,02
19	562,52	+ 2,63	562,25	563,35	— 6,49	+ 2,50	— 9,1	— 3,1	.....	.....	......	SO. 1	0,00
20	563,59	+ 3,72	562,83	564,23	— 8,71	+ 0,24	—10,2	— 5,1	.....	.....	......	NE. 1	0,33
21	563,53	+ 3,67	563,37	564,11	— 8,62	+ 0,28	—11,1	— 6,1	.....	.....	......	NE. 1	0,91
22	561,72	+ 1,88	561,19	562,68	— 7,97	+ 0,89	— 9,5	— 4,2	.....	.....	......	NE. 1	0,59
23	559,83	0,00	558,45	562,54	—11,82	— 3,00	—12,2	—10,5	.....	.....	......	NE. 2	1,00
24	567,46	+ 7,64	564,94	569,30	— 9,23	— 0,46	—11,9	— 3,3	.....	.....	......	NE. 1	0,06
25	571,41	+11,60	569,34	572,18	— 2,37	+ 6,35	— 4,9	+ 0,2	.....	.....	......	NE. 1	1,00
26	571,07	+11,27	570,36	571,57	+ 0,64	+ 9,31	— 3,5	+ 5,5	.....	.....	......	NE. 1	0,00
27	568,00	+ 8,21	567,20	568,88	— 0,92	+ 7,69	— 3,4	+ 2,2	.....	.....	......	NE. 1	0,00
28	566,84	+ 7,05	566,56	567,34	— 0,35	+ 8,21	— 3,4	+ 2,4	.....	.....	......	NE. 1	0,37
29	565,34	+ 5,56	563,63	566,62	— 6,03	+ 2,48	— 7,9	— 5,0	.....	.....	......	SO. 1	0,89

* Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées depuis 6 heures du matin à 10 heures du soir, le thermométrographe étant hors de service.

MOYENNES DU MOIS DE FÉVRIER 1868.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.

Baromètre.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	566,58	567,17	567,08	566,92	566,74	566,82	567,15	567,30	567,35
2e «	566,48	566,88	566,74	566,61	566,35	566,30	566,54	566,52	566,56
3e «	565,87	566,30	566,45	566,47	566,12	566,16	566,34	566,33	566,35
Mois	566,33	566,80	566,77	566,67	566,41	566,44	566,69	566,73	566,77

Température.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	— 5,98	— 5,79	— 4,78	— 3,42	— 3,90	— 4,77	— 5,74	— 5,86	— 6,17
2e «	— 7,77	— 7,31	— 4,96	— 3,33	— 3,72	— 4,46	— 6,84	— 7,51	— 7,67
3e «	— 6,98	— 6,40	— 4,09	— 2,54	— 3,08	— 3,98	— 5,16	— 5,54	— 5,77
Mois	— 6,91	— 6,50	— 4,63	— 3,12	— 3,58	— 4,42	— 5,94	— 6,33	— 6,56

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	— 7,59	— 3,02	0,30	2,5	20
2e «	— 8,47	— 2,98	0,12	0,0	0
3e «	— 7,53	— 2,09	0,54	0,0	0
Mois	— 7,88	— 2,72	0,31	2,5	20

Dans ce mois, l'air a été calme 6 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 9,84 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 84,7 sur 100.

* Voir la note du tableau.

DE L'AURORE BORÉALE

(SOIT LUMIÈRE POLAIRE)

DES PHÉNOMÈNES QU'ELLE PRÉSENTE

ET

DES LOIS AUXQUELLES ELLE EST SOUMISE

PAR

ÉLIAS LOOMIS

Le petit ouvrage, dont le titre est en tête de cet article, renferme une description et une analyse très-bien faites de tout ce qui concerne le phénomène des aurores polaires. Description du phénomène, étude des circonstances qui l'accompagnent, théorie par laquelle on l'explique, tels sont les points divers successivement traités par l'auteur, le tout accompagné de tableaux intéressants dans lesquels se trouvent consignées les observations diverses faites sur le nombre, l'époque et le lieu d'apparition d'un grand nombre d'aurores polaires.

Dans l'analyse abrégée que nous allons donner du travail de M. Loomis, nous insisterons essentiellement sur les points qui nous paraissent nouveaux, surtout en ce qui concerne les faits observés.

Après avoir rappelé les détails relatifs à l'apparence de l'aurore boréale, à sa forme, à sa durée, à son éclat, aux variations de cet éclat, à la formation de la couronne aurorale, à la présence d'un segment obscur qui précède en général l'apparition du phénomène, l'auteur insiste

sur les mouvements que présentent, soit les arcs lumineux, soit les rayons qui en émanent ; mouvements qui, pour les arcs, s'opèrent tantôt du sud au nord et tantôt plus fréquemment du nord au sud, et qui, pour les rayons et aussi plus souvent pour les arcs, ont lieu de l'ouest à l'est et quelquefois de l'est à l'ouest. Un point essentiel, c'est que le centre des arcs est presque toujours le pôle magnétique; c'est aussi le zénith magnétique, c'est-à-dire le point du ciel où aboutit la verticale passant par le pôle magnétique, qui est très-approximativement le centre de la couronne aurorale que forment, par un effet de perspective, les rayons lumineux émanés des arcs parallèlement à la direction de l'aiguille d'inclinaison. De nombreuses observations montrent que la position du centre de cette couronne est un peu variable, mais qu'elle oscille toujours autour du zénith magnétique.

La distribution géographique des aurores polaires est un des points importants de l'ouvrage de M. Loomis. Il est bien connu qu'elles se montrent surtout dans les latitudes élevées, et qu'elles sont à peu près inconnues dans les régions tropicales. A la Havane (23° 9′ de latitude) on ne peut mentionner que six aurores visibles dans l'espace d'un siècle; plus au sud, elles sont encore plus rares, tandis qu'elles deviennent plus fréquentes plus au nord dans l'île de Cuba. Voici le résultat d'observations faites dans cent vingt-huit localités différentes. Si, à partir de l'équateur on marche vers le nord le long du méridien de Washington, on trouve pour la moyenne annuelle des aurores polaires les nombres suivants: 10 à 40° de latitude, 20 à 42°, 40 à 45° et 80 aux environs de 50°. Entre 50° et 62° on voit des aurores presque toutes les nuits. Elles s'y montrent à de grandes hauteurs dans le

ciel et aussi souvent au sud qu'au nord. Plus au nord que 62°, le nombre annuel des aurores diminue; il n'est guère plus que 40, au delà de 67° que 20, et à 78° que 10. Les résultats observés sur le méridien de Saint-Pétersbourg sont à peu près semblables; seulement le nombre des aurores polaires diminue moins rapidement quand on s'approche du pôle nord, la région où il y en a en moyenne 80 par an se trouvant entre les parallèles de 66° et de 75°. Il résulte d'un tracé graphique, construit d'après les données qui précèdent, que la région où les aurores sont les plus fréquentes, forme une zone ovale autour du pôle nord, dont la ligne centrale traverse le méridien de Washington à la latitude de 56° et celui de Pétersbourg à la latitude de 71°.

Les aurores sont, à ce qu'il paraît, plus fréquentes aux États-Unis qu'aux mêmes latitudes en Europe. Ainsi à la latitude de 45°, nous trouvons une moyenne annuelle de 40 apparitions dans l'Amérique du nord pour 10 au plus en Europe. La forme de la courbe de la zone aurorale n'a aucun rapport avec les lignes d'égale intensité magnétique, mais présente par contre une analogie remarquable avec celles d'égale inclinaison.

Il semblerait, d'après le petit nombre d'observations qu'on possède sur le phénomène des aurores polaires dans l'hémisphère sud, qu'elles sont moins fréquentes dans cet hémisphère que dans l'hémisphère nord. Toutefois il paraît bien que le plus grand nombre des aurores de l'hémisphère sud correspondent à des aurores de l'hémisphère nord; on peut dire, d'après un grand nombre d'observations, qu'une apparition de lumière aurorale dans le voisinage de l'un des pôles magnétiques de la terre, est accompagnée d'une apparition simultanée

de lumière aurorale à l'autre pôle magnétique du globe.

On a beaucoup différé sur la hauteur qu'il faut attribuer aux aurores polaires; de nombreuses observations faites à différentes stations sur l'aurore du 28 août 1859, visible dans un si grand nombre de parties du globe terrestre, ont conduit à croire que sa limite supérieure était élevée de 534 milles au-dessus de la surface de la terre, tandis que sa limite inférieure était de 46 milles. L'aurore du 2 septembre 1859, qu'on peut presque considérer comme une continuation de celle du 28 août, paraît, d'après de nombreuses observations, également avoir eu pour limite supérieure en hauteur 495 milles et pour limite inférieure seulement 50 milles. L'espace compris entre ces limites inférieure et supérieure est entièrement rempli de lumière.

Les deux aurores que nous venons de citer forment une exception, soit quant à leur hauteur, soit quant à la grandeur de l'espace qu'elles occupaient dans le ciel. Il résulte, en effet, d'autres observations en grand nombre, que la hauteur maximum des aurores est en général de 70 milles; mais on peut dire en général qu'il est très-rare que les aurores se montrent à une hauteur au-dessus de la terre, inférieure à 45 milles, ni supérieure à 500. La détermination de la parallaxe des aurores a été faite avec beaucoup de soin par MM. Lottin et Bravais, pendant leur séjour en Scandinavie dans les deux stations de Bossekop et de Jupwig; ces deux savants concluent d'un grand nombre d'observations que la hauteur moyenne des aurores est de 60 à 100 milles au-dessus de la surface de la terre.

Cette détermination de la hauteur des aurores est très-délicate, parce que pour prendre la parallaxe il faut être bien certain que c'est bien la même partie de l'aurore que

voient des observateurs placés à des stations différentes. Sous ce rapport, les résultats des observations de MM. Lottin et Bravais, si nombreuses et faites dans de si bonnes conditions, nous paraissent celles qui doivent inspirer le plus de confiance. Ajoutons qu'il ne paraît pas probable, malgré l'opinion de quelques observateurs, que la véritable lumière aurorale se montre très-près de la surface de la terre et, en particulier, qu'elle descende aussi bas que la région des nuages ordinaires.

La périodicité diurne des aurores polaires n'est pas la même partout ; quoique ce phénomène se montre en général à peu près à toutes les heures de la nuit, cependant c'est surtout à onze heures avant minuit que le nombre des aurores est le plus considérable, du moins dans le nord de l'Amérique, puis il va en diminuant légèrement jusqu'à une heure après minuit, après quoi la diminution est beaucoup plus rapide.

Quant à la périodicité annuelle, il y a de grandes différences à cet égard, entre les différents mois de l'année ; mais il faut avoir soin, dans cette comparaison, de tenir compte du fait que les jours étant bien plus longs en été il peut y avoir dans cette saison beaucoup d'aurores polaires dont l'apparition échappe. Voici le résumé d'un très-grand nombre d'observations faites à Boston, à New-York et dans le Canada qui donnent pour le nombre total des aurores boréales pendant un certain nombre d'années : dans les mois du printemps 698, dans les mois d'été 661, dans les mois d'automne 744 et dans les mois d'hiver 542. Ces mêmes observations indiquent en même temps un minimum prononcé en décembre et un autre moins prononcé en juin. Il semblerait aussi qu'il y a deux maxima, l'un en avril, l'autre en septembre.

Il existe encore pour les aurores polaires une périodicité séculaire remarquable. Ainsi, pendant certaines époques, les aurores sont très-fréquentes; puis vient une période d'un nombre plus ou moins considérable d'années pendant laquelle leur apparition devient rare. Il résulte d'un tableau qui comprend des observations faites à New-Haven et à Boston de 1742 à 1864, c'est-à-dire pendant 122 ans, qu'à partir de 1742 à 1786-1789, il y a eu une augmentation progressive dans le nombre des aurores, suivie d'un décroissement rapide jusqu'en 1820. Ainsi le nombre moyen annuel des aurores s'était élevé à 48 de 1786 à 1789, époque du maximum, tandis qu'il n'était plus que de *un* par an à partir de 1816 jusqu'en 1820. A partir de 1827, le nombre annuel des aurores recommença à augmenter; de 1837 à 1842 il fut de 42, et on peut assigner l'année 1845 comme étant le milieu de la période d'abondance. Il y aurait ainsi un intervalle de 58 ans entre le maximum de 1787 et celui de 1845.

Un long catalogue des observations faites en Europe conduit aux mêmes conséquences que l'examen des observations faites dans l'Amérique du Nord. Seulement les périodes semblent se subdiviser davantage, mais les époques des grands minima et maxima coïncident parfaitement bien. Ainsi il paraîtrait qu'on peut réduire à dix ans l'intervalle compris entre deux maxima successifs, tout en reconnaissant qu'il y a un *maximum maximorum* tous les 59 ou 60 ans.

On sait que l'apparition des aurores polaires est toujours accompagnée de perturbations magnétiques, perturbations qui sont sensibles même dans les lieux de la terre où l'aurore n'est pas visible. Ces perturbations sont quelquefois très-considérables, témoin l'oscillation de l'ai-

guille de déclinaison qui s'éleva jusqu'à 3°45′ à Toronto et à 4°13′ à Rome, pendant l'aurore du 2 septembre 1859. M. Loomis cite un exemple frappant de la généralité et de la simultanéité de ces perturbations dans celle qui affecta les éléments magnétiques, aussi bien quant à la direction que quant à l'intensité, le 25 septembre 1841. Dans le même moment cette perturbation se fit sentir à Greenwich et à Toronto, distant de Greenwich de plus de 3500 milles; elle commença exactement au même instant aux deux stations et suivit les mêmes phases. Elle fut observée également à Sainte-Hélène, distante de Londres de 4800 milles et de Toronto de 6000. Elle avait lieu aussi en même temps au Cap de Bonne-Espérance, bien plus éloigné encore, et à Trevandeum dans l'Inde, située aux antipodes de Toronto. Il est probable que la perturbation se fit sentir sur toutes les parties du globe. En même temps il y avait apparition d'une aurore d'une étendue inusitée, qui était visible également dans l'hémisphère sud à la Terre de Van Diemen et aux États-Unis, en Angleterre et en Norwége. La perturbation considérable des éléments magnétiques qui avait accompagné l'aurore du 2 septembre 1859, avait été également générale et s'était fait sentir dans toutes les parties du globe d'une manière très-intense.

Ces variations irrégulières de l'aiguille aimantée ne se propagent pas partout d'une manière simultanée. Plusieurs observations réunies semblent montrer que leur propagation a lieu en général du nord-est au sud-ouest, à raison de 100 milles par minute.

Ce n'est pas seulement sur l'aiguille aimantée, mais aussi sur les fils télégraphiques, que la présence des aurores polaires se fait sentir en y déterminant des courants

électriques parfaitement semblables à ceux d'une pile voltaïque, mais seulement d'une intensité variable. Ils changent de sens à chaque instant, mais ils se propagent dans une direction qui est toujours très-rapprochée de la direction du nord au sud.

Sans suivre M. Loomis dans la description détaillée qu'il donne des aurores polaires et de tous les phénomènes qui les caractérisent et qui les accompagnent, nous nous bornerons à exposer quelques considérations théoriques sur les causes qui leur donnent naissance.

Il montre que l'aurore polaire a son siége dans l'atmosphère, puisqu'elle participe au mouvement de rotation de la terre; et que c'est un phénomène électrique qui se passe dans les hautes régions de l'air. Il insiste à cet égard sur les manifestations électriques si prononcées et quelquefois si énergiques, qui ont lieu dans les fils télégraphiques pendant l'apparition des aurores.

Cette électricité évidemment provient de l'aurore, et elle ne peut en provenir que par simple dérivation ou par induction; mais dans ce dernier cas, l'induction ne peut être produite que par l'action du magnétisme ou par celle de l'électricité elle-même. Or, comme le magnétisme n'est pas lumineux et que l'aurore est lumineuse, on est forcé de conclure que la lumière de l'aurore est bien une lumière électrique. Du reste, les diverses colorations que revêt cette lumière sont tout à fait semblables à celles de la lumière électrique dans l'air raréfié, et en général les apparences qu'elle présente quant à sa forme et à ses intermittences sont également d'accord avec cette conclusion.

Mais quelle est l'origine de cette électricité, et en général de l'électricité atmosphérique? L'évaporation en

est très-probablement la principale source, et ici M. Loomis rappelle ce que j'ai dit sur l'ascension dans les régions supérieures de l'atmosphère, des vapeurs qui s'élèvent chargées d'électricité positive de la surface des mers tropicales. Il expose également le rôle que joue, soit dans les orages locaux, soit dans les orages polaires (aurores polaires) cette électricité qui se meut librement dans ces hautes régions atmosphériques, où elle peut se propager librement, grâce à leur bonne conductibilité. Il admet également l'explication que j'ai donnée de la forme et des autres apparences de l'aurore, en l'attribuant à l'action du magnétisme terrestre sur les courants électriques lumineux qui la constituent.

Les perturbations dans les éléments magnétiques qui accompagnent l'apparition des aurores sont également faciles à expliquer par l'action des courants électriques terrestres, qui sont la conséquence du mode de propagation de l'électricité atmosphérique qui constitue les aurores. Il y a, du reste, un accord parfait entre la direction de ces courants terrestres, telle que les accusent les fils télégraphiques, et le sens de la déviation des aiguilles aimantées.

L'absence d'aurores dans les régions tropicales est plus que compensée par le nombre considérable d'orages électriques qu'on y observe et qui va, au contraire, en diminuant de l'équateur jusqu'aux latitudes élevées, tellement que tandis qu'il y en a annuellement en moyenne 52 entre 0° et 30° de latitude, il n'y en a plus que 20 entre 30° et 50°, que 15 entre 50° et 60°, que 4 entre 60° et 70°, et 0 à 70° et au delà. Cette différence entre ces deux modes de décharges (orage et aurore), dont l'un s'opère dans les régions équatoriales et l'autre dans les régions

polaires, s'explique facilement par les conditions différentes au point de vue de l'humidité et de la température, dans lesquelles se trouve l'atmosphère dans ces régions.

C'est également à des différences du même genre qu'on peut attribuer la variation diurne et mensuelle dans la fréquence des aurores, mais la variation séculaire est moins facile à expliquer.

En étudiant avec soin une table qui renferme dans trois colonnes pour chaque année, à dater de 1807 jusqu'en 1864, dans différentes localités de l'Europe, le nombre relatif des taches du soleil, l'intensité des variations magnétiques et les maxima et minima d'apparitions d'aurores boréales, on est frappé de voir l'accord qui existe entre ces trois ordres de phénomènes. On trouve, en effet, qu'ils manifestent deux espèces de période, une de dix à douze ans, et l'autre de cinquante-huit à soixante ans. La première correspond à une révolution de Jupiter, la seconde à cinq révolutions de Jupiter et à deux de Saturne. Si Jupiter, comme on le présume, exerce une influence sur la surface du soleil, il est bien probable que Saturne en exerce aussi une semblable, mais moins considérable, de sorte que le concours de l'action des deux planètes doit déterminer aussi une période, ce qui expliquerait l'existence des deux périodes, l'une de dix à onze ans due à Jupiter seul, l'autre de cinquante-huit à soixante ans due à l'action réunie de Jupiter et de Saturne.

Maintenant quel est le mode suivant lequel s'exerce l'influence des planètes sur le soleil ? On ne peut, à cet égard, que hasarder des conjectures. Dépendrait-il de l'action de ces planètes en mouvement sur les courants électriques, dont on supposerait la surface du soleil sillonnée et auxquels serait due sa lumière ? Dans cette hypothèse, la

perturbation apportée aux courants électriques solaires serait à la fois la cause des taches que présente la surface, et celle, soit des perturbations dans les courants électriques du globe terrestre, soit dans les phénomènes lumineux (aurores polaires) dont ils sont accompagnés.

Je ne serais pas, pour ma part, disposé à me ranger à cette explication que l'auteur présente, du reste, avec beaucoup de défiance. Je croirais plutôt que les taches solaires tiennent à une action de masse de la part des planètes sur l'atmosphère solaire, et que l'influence des taches solaires sur les phénomènes électriques, qui se passent à la surface terrestre, sont probablement un effet indirect tenant, par exemple, à des variations dans l'intensité de la chaleur solaire. Du reste, le temps depuis lequel se font des observations de ce genre est si peu considérable, et les observations elles-mêmes encore si peu nombreuses, qu'il est bien difficile qu'on puisse se former une opinion un peu fondée sur la cause de ces concordances remarquables.

M. Loomis revient en terminant sur la simultanéité qui existe entre les apparitions d'aurores polaires dans l'hémisphère austral et leurs apparitions dans l'hémisphère boréal; simultanéité qui existe aussi pour les perturbations magnétiques. Il montre que l'existence de cette double simultanéité résulte d'une manière évidente de la comparaison d'observations faites à Prague, à Toronto et à Hobarton. Il estime que cette perturbation générale dans l'état électrique de la terre, qu'elle accuse, ne peut être attribuée qu'à des forces extra-terrestres, telles que l'action des planètes qui modifierait la direction des courants électriques du globe.

Je n'étais pas arrivé à la même conclusion dans mes

recherches sur les aurores polaires. J'avais, au contraire, considéré la simultanéité dans les apparitions d'aurores aux deux pôles magnétiques de la terre, comme une preuve à ajouter à toutes les autres, que ce phénomène a bien son origine, comme son siége, dans notre globe et son atmosphère. Sans rappeler les raisons qui militent en faveur de cette opinion, je me bornerai à remarquer que le globe terrestre devant être considéré comme un conducteur parfait, toutes ses parties sont également solidaires en tout ce qui concerne la rupture et le rétablissement de son équilibre électrique. Tout étant symétrique aux deux pôles terrestres, l'accumulation des électricités opposées dans la terre et dans l'atmosphère, qui a lieu à l'un des pôles, doit avoir également lieu à l'autre, et dès que la neutralisation de ces électricités contraires s'opère à l'un, elle doit s'opérer à l'autre. Sans doute, ainsi que le remarque M. Loomis, il serait bien important, pour décider la question, d'observer avec soin dans l'hémisphère austral, comme on l'a fait dans le boréal, la direction des courants électriques terrestres, qui accompagnent l'apparition des aurores; car, dans la théorie que je viens de rappeler, cette direction dans l'hémisphère sud doit être du sud à l'équateur, comme elle est du nord à l'équateur dans l'hémisphère nord. Elle doit, au contraire, être la même dans les deux hémisphères, si l'on admet que l'origine du phénomène est extra-terrestre. Mais, à défaut d'observations de ce genre, on sait par les navigateurs qui ont vu et décrit des aurores australes, que le mouvement de translation des arcs auroraux autour du pôle sud a lieu dans un sens qui indique que les courants marchent bien dans l'hémisphère austral du sud à l'équateur, comme le veut la théorie qui ne voit dans le

phénomène des aurores que l'effet de l'action combinée des électricités terrestre et atmosphérique, sous l'influence du magnétisme terrestre.

Je me joins, du reste, aux recommandations que M. Loomis adresse à la *Smithsonian Institition,* et que je me permets de généraliser en l'adressant à tous ceux qui sont bien placés pour faire des observations de ce genre, savoir, de décrire avec soin toutes les aurores polaires dont ils peuvent être témoins dans les différentes stations du globe, en y consignant les détails les plus minutieux sur leur grandeur, leur forme, leur position exacte, l'heure de leur apparition, leur durée, etc. — C'est en réunissant un grand nombre d'observations bien faites en divers lieux dans les deux hémisphères, et en les rapprochant d'observations faites sur les perturbations de l'aiguille aimantée et sur les courants électriques perçus par les fils télégraphiques, qu'on finira par asseoir sur des bases inébranlables la théorie de ces curieux phénomènes.

A. D. L. R.

DE

LA TEMPÉRATURE DES FLAMMES

D'OXYDE DE CARBONE ET D'HYDROGÈNE

PAR

M. R. BUNSEN [1].

(Traduction.)

Si l'on allume un gaz inflammable mélangé avec de l'oxygène, il s'ensuit une élévation de température, qui peut être déduite par le calcul de la chaleur de combustion du gaz et de la chaleur spécifique des produits de la combustion, pourvu que la combustion soit complète à la température produite dans le mélange.

Soit un mélange de h parties en poids d'hydrogène, o parties d'oxygène et n parties d'azote : dans la combustion totale de ce mélange, en admettant qu'il y ait un excès d'oxygène, il se produira hw unités de chaleur en appelant w la chaleur de combustion de l'hydrogène et les produits de la combustion seront :

$$\frac{H+O}{H} h \quad \text{parties d'eau.}$$

$$o - \frac{O}{H} h \quad \text{» d'oxygène.}$$

et $$n \quad \text{» d'azote.}$$

en appelant H et O les poids atomiques de l'hydrogène et de l'oxygène. Soient de plus σ_w, σ_o, σ_n les chaleurs spécifiques de ces différents produits de combustion, et l'on aura :

[1] *Poggend. Annalen*, tome CXXXI, p. 161.

$$(1) \quad t_1 = \frac{wh}{\left(\frac{H+O}{H}\right) h\,\sigma_w + \left(o - \frac{O}{H} h\right)\sigma_o + n\,\sigma_n}$$

Cette équation suppose que la quantité d'hydrogène h brûle entièrement à la température t_1. Si, au contraire, il n'en brûlait qu'une quantité égale à hx, tandis que la quantité h (1-x) resterait libre, l'équation (1) deviendrait :

$$(2) \quad t_1 = \frac{wxh}{\left(\frac{H+O}{H}\right) hx\,\sigma_w + \left(o - \frac{O}{H} hx\right)\sigma_o + (1-x)\,h\sigma_h + n\,\sigma_n}.$$

dans laquelle σ_h représente la chaleur spécifique de l'hydrogène non brûlé à la température t_1. Si l'on pose :

$$h\left(\frac{H+O}{H}\,\sigma_w - \frac{O}{H}\,\sigma_o - \sigma_h\right) = C$$

$$h\,\sigma_h + o\sigma_o + n\,\sigma_h = D,$$

il vient :

$$(3) \qquad t_1 = \frac{hwx}{Cx+D}$$

$$(4) \qquad x = \frac{t_1\,D}{hw - t_1\,C}$$

De plus, en appelant P_1 la pression qu'exerce à $t_1{}^{\circ}$ et dans un vase fermé le mélange explosif, on déduit des lois de Mariotte et de Gay-Lussac l'équation suivante :

$$(5) \qquad (1+\alpha t_1)\,PS = (1+\alpha t)\,P_1S_1$$

dans laquelle α désigne le coefficient de dilatation des gaz, t et P la température et la pression du mélange au moment où l'on ferme le vase dans lequel devra s'effectuer l'explosion, et S et S_1 les poids spécifiques du mélange avant et après l'explosion.

Si l'on désigne par s_w, s_o, s_n, s_h les poids spécifiques

des différents gaz contenus dans le mélange, et par G le poids total du mélange, il vient :

$$S = \frac{G}{\frac{h}{s_h} + \frac{o}{s_o} + \frac{n}{s_n}}$$

$$S_1 = \frac{G}{\frac{1}{s_w}\left(\frac{H+O}{H}\right)hx + \frac{1}{s_o}\left(o - \frac{O}{H}hx\right) + \frac{1}{s_h}(1-x)h + \frac{1}{s_n}n}$$

enfin en posant :

$$h\left(\frac{H+O}{Hs_w} - \frac{O}{Hs_o} - \frac{1}{s_h}\right) = A$$

et

$$\frac{h}{s_h} + \frac{o}{s_o} + \frac{n}{s_n} = B$$

on a plus simplement :

$$S = \frac{G}{B}$$

$$(6) \qquad S_1 = \frac{G}{Ax+B}$$

Cela fait, si l'on remplace x dans l'équation (6) par sa valeur donnée par l'équation (4) et que l'on substitue ensuite la valeur ainsi trouvée de S_1 dans l'équation (5), on obtient en posant :

$$P_1(1+\alpha t) = Q$$

l'équation :

$$t_1 = -\frac{E}{2} \pm \sqrt{F + \tfrac{1}{4}E^2}$$

dans laquelle :

$$E = \frac{AD + B\alpha hw - BC + \frac{CGQ}{PS}}{\alpha(AD-BC)}$$

$$F = \frac{\left(\frac{QG}{PS} - B\right)hw}{\alpha(AD-BC)}$$

Des deux valeurs de t_1 donnée par l'équation ci-dessus, l'une est plus grande que celle que donne l'équation (1), elle n'a donc point de signification dans le problème qui nous occupe. Une fois qu'on a trouvé la valeur de t_1, on peut déduire de l'équation (4) la valeur de hx, c'est-à-dire de la quantité d'hydrogène brûlée au moment où la température du mélange gazeux a atteint son maximum, et du même coup la valeur de h $(1\text{-}x)$, c'est-à-dire de la quantité d'hydrogène qui n'a pas pu être brûlée à la haute température t_1.

Pour des mélanges d'oxyde de carbone et d'hydrogène avec de l'oxygène et de l'azote toutes les données numériques qui entrent dans les équations ci-dessus sont connues, à l'exception de P_1. Il ne reste donc plus qu'à déterminer expérimentalement la valeur de P_1.

Il n'est pas possible de mesurer exactement la pression qu'un gaz exerce en faisant explosion dans un vase fermé, et à l'instant où il atteint sa température maxima. Mais on peut néanmoins en faire une évaluation suffisamment approximative, et cela en chargeant de différents poids une soupape qui ferme hermétiquement le vase à explosion, et en augmentant successivement ces poids, jusqu'à ce qu'on ait déterminé la charge la plus forte que puisse soulever le gaz. Les résultats obtenus de cette façon ne sont évidemment applicables que dans de certaines limites ; car, si on raréfie de plus en plus un mélange gazeux, en y introduisant un gaz qui demeure étranger à la combustion, celle-ci se propage toujours plus lentement dans son intérieur, jusqu'à ce qu'étant arrivée à la limite, l'on puisse suivre à l'œil la marche de la flamme. Si donc, par l'introduction de gaz étrangers, la combustion vient à être ralentie outre mesure, l'évalua-

tion de sa pression maxima pourra en être complétement faussée, car tandis que dans certaines parties du mélange la température sera encore croissante, il y en aura d'autres, au contraire, dans lesquelles elle aura déjà commencé à diminuer. Pour éviter cette cause d'erreur il faudra donc, dans le mélange, éviter un trop grand excès de gaz étranger, prendre un vase d'une petite section, et produire si possible l'incandescence dans toutes les parties du mélange à la fois. La meilleure manière de satisfaire cette dernière condition est de faire jaillir l'étincelle d'induction d'une grosse machine de Ruhmkorff sur toute la longueur de la colonne gazeuze. Le vase que j'ai employé pour cette explosion (pl. I, fig. 1) était très-épais, et renfermait une colonne gazeuse de 8,15 centimètres de hauteur et de 1,7 centimètres de section, de telle sorte que, pour se propager du centre à la périphérie, l'étincelle n'avait à parcourir qu'un espace de 8,5 millimètres. Pour que la source d'erreur susmentionnée soit la plus petite possible, il faut que le temps mis par le gaz à atteindre sa température maxima, soit aussi petit que possible comparé à la durée du refroidissement. C'est à ce point de vue qu'il est important de se faire une idée de la vitesse de propagation de la flamme dans l'intérieur du gaz. A cet effet, on peut procéder de la manière suivante : on fait sortir le gaz par une ouverture extrêmement petite de section connue, pratiquée dans une plaque très-mince, puis on diminue progressivement la force du jet et on l'allume avec les précautions nécessaires jusqu'au point où la flamme, rebroussant brusquement dans l'ouverture, allume le gaz qui est au-dessous. Ce recul de la flamme doit, en effet, se produire quand la vitesse avec laquelle le gaz s'échappe au travers de l'ouverture, est

seulement très-peu inférieure à celle avec laquelle la combustion se propage des couches de gaz supérieures aux couches inférieures. On n'a donc plus qu'à mesurer directement la vitesse avec laquelle s'échappe le mélange gazeux non enflammé à la pression à laquelle le recul a eu lieu, pour avoir la vitesse de propagation de la flamme avec une approximation suffisante. Soit c cette vitesse de propagation, d le diamètre de l'ouverture par laquelle le gaz s'échappe, et V le volume de gaz qui, à la pression indiquée, s'échappe de cette ouverture dans un temps t, et il vient :

$$c = \frac{4V}{\pi d^2 t}$$

Une expérience faite sur un mélange d'hydrogène et d'oxygène pur donna les résultats suivants :

$V=963000$ millim.^{3} ; $d=1{,}2$ millim. ; $t=25$ secondes.

La vitesse de propagation de la flamme dans le mélange explosif d'hydrogène et d'oxygène purs est donc de 34 mètres par seconde [1].

La vitesse vraie est probablement un peu plus grande que celle que donne l'expérience, car le refroidissement que subit le jet de gaz enflammé dans le passage au travers de l'ouverture diminue nécessairement la valeur trouvée pour cette vitesse.

Puisque, dans le vase à explosion décrit plus haut, il n'y a que $8^{mm},5$ d'intervalle entre l'axe du vase cylindri-

[1] On voit par là que la vitesse avec laquelle certains météores lumineux fréquents sur le disque du soleil se meuvent sur sa surface, est, la plupart du temps, infiniment plus grande que celle avec laquelle les actions chimiques se propageut dans l'intérieur des gaz. Partant, le champ des hypothèses qui attribuent quelques-uns de ces phénomènes à des actions chimiques se trouve bien restreint.

que qui est la voie suivie par l'étincelle et le bord, l'on peut affirmer *que le temps nécessaire pour que la combustion du gaz soit complète et son maximum de température atteint, ne dépasse pas $\frac{1}{4000}$ de seconde.*

Si l'on regarde au travers d'une roue stroboscopique, tournant avec une vitesse connue, et percée de fentes suivant un certain nombre de rayons, une surface blanche éclairée par le gaz enflammé, on trouve pour la durée totale de l'éclairement produit par cette explosion $\frac{1}{65}$ de seconde.

Ainsi, *d'une part, le maximum de température est atteint partout dans l'intérieur du gaz en moins de $\frac{1}{400}$ de seconde, d'autre part, cette température a suffisamment peu diminué en $\frac{1}{65}$ de seconde pour que la flamme qui en résulte donne encore une lumière assez brillante.*

Il suit de là que, dans le cas du mélange pur d'oxygène et d'hydrogène, il n'y a pas lieu de redouter l'erreur mentionnée plus haut. Les conditions sont en revanche moins favorables dans le cas de l'oxyde de carbone, car la vitesse de propagation de la combustion dans le gaz n'est pas même d'un mètre par seconde; d'autre part, il ne paraît se refroidir que très-lentement. Néanmoins l'on peut encore considérer comme bons les résultats obtenus dans la mesure de la pression maxima d'explosion de ce gaz, car ces résultats concordent avec ceux qui ont été obtenus pour l'hydrogène, et il n'est pas probable que ce soit par pur hasard. Cette mesure de la pression maxima se fait de la manière suivante : on fait dégager le mélange explosif sur du mercure, et on en remplit le vase d'explosion jusqu'à un trait déterminé, on amène le niveau du mercure à coïncider au dedans et au dehors, puis l'on ferme le vase avec la plaque de verre

(fig. 2) consistant en un épais morceau de verre à glace, applani sur la meule. Cette plaque est encadrée dans une monture en fer qui se prolonge au travers de la plaque en une pointe destinée au passage de l'étincelle. On graisse légèrement la plaque de verre avec de l'huile d'olive, et on l'amène sous le mercure à fermer exactement le vase à explosion dont le rebord a été également applani sur la meule. On retire alors le vase du mercure et on le munit du manchon de verre (fig. 3) comme on le voit sur la figure d'ensemble 4. Ce manchon de verre se fixe à la partie supérieure du vase à explosion sur un bourrelet de caoutchouc qui, le fermant hermétiquement, permet de le remplir d'eau. Pour mesurer la pression, j'ai employé la disposition de levier indiqué dans la fig. 4. Le poids fixe *a* ne sert qu'à faire équilibre au plus long bras du levier sur lequel se meut le poids *b*, de manière à faire varier la charge qui repose sur l'obturateur du vase à explosion. La tige *d* par laquelle le levier porte sur cet obturateur tombe dans un petit trou pratiqué exactement au centre de la monture métallique, de manière à ce que la charge soit également répartie. Le mercure qui est dans le vase est mis en communication avec la feuille métallique *c* par un fil de platine qui traverse le fond du vase. Pour faire jaillir l'étincelle, il ne restera donc plus qu'à relier la machine de Ruhmkorff, d'une part avec le levier, d'autre part avec la feuille d'étain. Lorsque la pression du gaz enflammé est plus faible que celle qu'exerce le levier, il ne se produit pas d'explosion bruyante, et de plus l'eau renfermée dans le manchon de verre n'est pas mise en mouvement. Dans le cas contraire, cette eau est projetée avec une grande violence et un grand bruit. A l'aide d'un très-petit nombre d'expériences, on arrive à apprécier approximativement la limite entre ces

deux cas contraires, et l'on peut même de leur moyenne déduire une mesure assez exacte de la pression maxima cherchée; comme on peut le voir par les exemples qui suivent :

Mélange de cyanogène et d'air, pression en atmosphères.	11,01	faible explosion,
	10,90	violente explos.
Mélange d'oxyde de carbone et d'air, pression en atmosphères	7,31	faible explosion,
	7,22	violente explos.
Mélange d'oxyde de carbone et d'oxygène, pression en atmosphères . .	10,20	faible explosion,
	10,04	violente explos.
Mélange d'oxygène et d'hydrogène, pression en atmosphères.	9,56	faible explosion,
	9,46	violente explos.

A la pression produite par le levier, il faudra, cela va bien sans dire, ajouter la pression du mélange gazeux au moment où l'on a fermé le vase à explosion, ainsi qu'un terme de correction provenant de l'adhésion de l'obturateur. La pression nécessaire pour séparer cet obturateur du rebord du vase doit être surmontée par le gaz, et doit par conséquent s'ajouter à celle qu'indique le levier. Or, l'adhésion dépend en grande partie du temps pendant lequel la pression agit. Aussi, pour la mesurer autant que possible dans des conditions identiques à celles de l'expérience, j'ai employé la méthode suivante : je suspendis un plateau de balance à l'obturateur de verre et je le chargeai de plus en plus en le laissant reposer sur une table, jusqu'à ce que j'eusse atteint la limite à laquelle, en soulevant brusquement le vase, l'obturateur se trouvait détaché sans que le plateau de la balance fût sensiblement soulevé. J'ajoutai toujours le poids ainsi trouvé à la pression produite par le levier. L'incertitude qu'il peut y avoir dans la mesure de ce terme de correction, n'influe pas d'une manière sensible sur le résultat final des expériences, car ce terme n'est qu'une très-faible partie de la

pression totale. L'exactitude des résultats ainsi obtenus pour la pression maxima d'un gaz au moment de son explosion n'est évidemment qu'approximative, mais bien suffisante, comme on peut le voir par les expériences suivantes, pour reconnaître la loi qui préside aux phénomènes de combustion des gaz. Dans ces expériences le volume de gaz renfermé dans le vase à explosion était de 18,5 centimètres cubes. La flamme cylindrique produite par le passage de l'étincelle avait une hauteur de 8,15 centimètres, et une section de 1,7 centimètres. Dans la première et la seconde des sept expériences dont il va être fait mention on a opéré sur un mélange de *h* parties d'oxyde de carbone et de *o* parties d'oxygène, dans les proportions convenables pour la combustion complète; dans les expériences 3 et 7, on a opéré sur le même mélange en ajoutant chaque fois un excès de *n* parties d'oxygène. P et P_1 sont donnés dans ces expériences comme dans toutes celles qui suivront en atmosphères.

	Expérience 1re	Expérience 2me	Expérience 3me	Expérce 4me	Expérce 5me	Expérce 6me	Expérience 7me
h	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
o	0,5715	0,5715	0,5715	0,5715	0,5715	0,5715	0,5715
n	0,0000	0,0000	0,1850	1,4664	1,8620	2,9390	3,6960
P	0,9934	0,9804	0,9590	0,9658	0,9699	0,9763	0,9768
P_1	10,1197	10,5600	8,6940	8,1662	7,6057	6,5130	5,6867
t°C	4,5	10,0	10,7	8,5	8,8	8,6	10,0

Les valeurs des différentes constantes qui entrent dans la formule furent fixées comme suit :

$\sigma_h = 0,1753$ $s_h = 0,9674$ $w = 2403$

$\sigma_o = 0,1547$ $s_o = 1,1056$ $\alpha = 0,00366$

$\sigma_n = 0,1547$ $s_n = 1,1056$ $H = 14,0000$

$\sigma_w = 0,1702$ $s_w = 1,5202$ $O = 8,0000$

Dans les expériences 8 et 9 qui suivent, on a ajouté au mélange de 1 partie d'oxyde de carbone avec 0,5715 d'oxygène, non plus des excès d'oxygène, mais un excès toujours croissant de *n* parties d'oxyde de carbone, et dans les expériences 10 et 11, au lieu de ce dernier gaz, un excès d'azote.

	Expérience 8me	Expérience 9me	Expérience 10me	Expérience 11me
h	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
o	0,5715	0,5715	0,5715	0,5715
n	1,0285	4,7444	1,8920	1,8920
P	0,9851	0,9791	0,9934	0,9802
P_1	8,7602	4,7008	7,2760	7,5720
t°C	8,0	7,7	4,5	10,0

Pour les expériences (8) et (9) on a :

$$\sigma_n = 0,1753$$
$$s_n = 0,9674$$

et pour l'expérience (10) :

$$\sigma_n = 0,1717$$
$$s_n = 0,9713$$

Les expériences (12) et (13) ont été faites avec un mélange d'oxygène et d'hydrogène pur obtenu par l'électrolyse, l'expérience (14) avec le même mélange plus un excès d'azote.

	Expérience 12me	Expérience 13me	Expérience 14me
h	1,0000	1,0000	1,0000
o	8,0000	8,0000	8,0000
n	0,0000	0,0000	26,5000
P	0,9736	0,9736	7,9684
P_1	9,7300	9,5140	7,2512
t_1°C	5,0	10,0	10,0

Les valeurs des constantes employées à calculer ces différentes quantités étaient:

$\sigma_h = 2,3910$ $s_h = 0,06927$ $w = 2,9629$
$\sigma_o = 0,1547$ $s_o = 1,1056$ $\alpha = 0,00366$
$\sigma_n = 0,1717$ $s_n = 0,9713$ $H = 1,0000$
$\sigma_w = 0,3621$ $s_w = 0,62207$ $O = 8.0000$

Le tableau ci-dessous donne les résultats du calcul de ces différentes expériences ordonnés suivant les maxima de température $t_1 - t$ que ces différents mélanges gazeux rapportés à l'unité de volume et à 0° atteignent lors de leur combustion dans un vase fermé[1]. La colonne III donne les maxima de température correspondant aux mélanges dont les proportions sont données dans les colonnes I et II.

Numéro de l'expérience.	I	II	III $t_1 - t$	IV x	V Moyenne.	VI Écart de la moyenne.
2	$\frac{2}{3}$ vol. CO $\frac{1}{3}$ vol. O	0,0000 vol.	3172° C.	0,351		+0,0194
1	$\frac{2}{3}$ vol. CO $\frac{1}{3}$ vol. O	0,0000 vol.	2893° C.	0,319		—0,0126
12	$\frac{2}{3}$ vol. H $\frac{1}{3}$ vol. O	0,0000 vol.	2854° C.	0,338	0,3316	+0,0064
13	$\frac{2}{3}$ vol. H $\frac{1}{3}$ vol. O	0,0000 vol.	2833° C.	0,336		+0,0044
3	$\frac{2}{3}$ vol. CO $\frac{1}{3}$ vol. O	0,1079 vol. O	2558° C.	0,314		—0,0176

[1] Il n'a pas été tenu compte de la diminution que subit la chaleur de combustion par la soustraction du terme t à la température maxima t_1, cette diminution étant tout à fait négligeable.

Numéro de l'expérience.	I	II	III $t_1 - t$	IV x	V Moyenne.	VI Écart de la moyenne.
8	$\frac{2}{3}$ vol. CO $\frac{1}{3}$ vol. O	0,6857 vol. CO	2471° C.	0,460		—0,0421
4	$\frac{2}{3}$ vol. CO $\frac{1}{3}$ vol. O	0,8554 vol. O	2325° C.	0,478		—0,0241
5	$\frac{2}{3}$ vol. CO $\frac{1}{3}$ vol. O	1,0861 vol. O	2117° C.	0,490		—0,0121
11	$\frac{2}{3}$ vol. CO $\frac{1}{3}$ vol. O	1,2563 vol. N	2084° C.	0,515		+0,0129
14	$\frac{2}{3}$ vol. H $\frac{1}{3}$ vol. O	1,2599 vol. N	2024° C.	0,547	0,5021	+0,0449
10	$\frac{2}{3}$ vol. CO $\frac{1}{3}$ vol. O	1,2563 vol. N	1909° C.	0,470		—0,0321
6	$\frac{2}{3}$ vol. CO $\frac{1}{3}$ vol. O	1,7145 vol. O	1726° C.	0,520		+0,0179
7	$\frac{2}{3}$ vol. CO $\frac{1}{3}$ vol. O	2,1559 vol. O	1460° C.	0,512		+0,0099
9	$\frac{2}{3}$ vol. CO $\frac{1}{3}$ vol. O	3,1629 vol. CO	1146° C.	0,527		+0,0249

Il ressort de la colonne III :

1° En prenant la moyenne des expériences (1) et (2), qu'un mélange explosif en proportions convenables d'oxyde de carbone et d'oxygène faisant explosion dans un vase fermé s'échauffe de 0° C. à

3033° C.

avec un écart de la moyenne des expériences qui s'élève jusqu'à 4,58 pour 100 de l'élévation de la température tout entière.

2° En prenant la moyenne des expériences (12) et (13), qu'un mélange d'oxygène et d'hydrogène à proportions convenables faisant explosion dans un vase fermé s'échauffe de 0° C. à

2844° C.

et cela avec des différences d'une expérience à l'autre qui s'élèvent jusqu'à 0,388 pour 100 de l'élévation totale de température.

3° En prenant la moyenne des expériences (10) et (11), qu'un mélange à proportions convenables d'oxyde de carbone et d'air atmosphérique brûlant dans un vase fermé s'échauffe de 0° C. à

1997° C.

avec une erreur possible de 4,41 pour 100 de l'élévation totale de température.

4° Que, d'après l'expérience (14), un mélange à proportions convenables d'hydrogène et d'air atmosphérique brûlant dans un vase fermé s'échauffe de 0° C. à

2024° C.

Les colonnes IV et V font voir ce fait très-curieux:

5° Qu'à la température $t_1 - t$, et cela tant dans le cas du mélange pur d'oxygène et d'oxyde de carbone que dans celui d'oxygène et d'hydrogène [expériences (1), (2), (3), (12)], il n'y a qu'un tiers environ de la quantité totale d'oxyde de carbone ou d'hydrogène qui brûle, car:

$$x = \frac{1}{3{,}015}$$

tandis que les deux autres tiers ont perdu la faculté de se combiner à l'oxygène, en étant élevés à ces hautes températures de 2558° à 3033° C.

6° Et, de plus, que lorsque ces deux mêmes mélanges explosifs sont étendus de 0,686 à 3,163 volumes de gaz étranger à la combustion, de manière à abaisser la température de la flamme jusqu'à 2471° C. et 1146° C., c'est à peu près exactement la moitié de l'oxyde de carbone

ou de l'hydrogène qui brûle à toutes les températures comprises entre ces limites, car la moyenne des expériences donne :

$$x = \frac{1}{1,992}$$

tandis qu'au contraire, dans l'autre moitié oxygène et oxyde de carbone ou oxygène et hydrogène, les deux gaz ont complétement perdu la faculté de se combiner à ces températures.

D'après cela les produits de la combustion du mélange pur d'oxygène et d'oxyde de carbone à 3033° C. sont les suivants :

Oxygène...........	1 vol.
Oxyde de carbone...	2 vol.
Acide carbonique....	1 vol.

de même on obtient comme produit de la combustion du mélange explosif pur d'hydrogène à 2844° C. :

Oxygène...........	1 vol.
Hydrogène..........	2 vol.
Vapeur d'eau.......	1 vol.

A toutes les températures comprises entre 2471° C. et 1146° C. la combustion du mélange explosif d'oxyde de carbone donne les produits suivants :

Oxygène...........	1 vol.
Oxyde de carbone...	2 vol.
Acide carbonique....	2 vol.

Enfin, le mélange explosif d'hydrogène donne à 2024° C. :

Oxygène...........	1 vol.
Hydrogène..........	2 vol.
Vapeur d'eau........	2 vol.

Les différents résultats indiqués dans les colonnes III et IV sont représentés graphiquement dans la fig. 5 sous forme d'une courbe A, ayant comme abscisses les températures et comme ordonnées les quantités d'oxyde de carbone ou d'hydrogène qui, sur 10 volumes de chacun de ces deux gaz, ont eu la faculté de se combiner avec l'oxygène à ces mêmes températures. Cette courbe, qui est plutôt une ligne brisée, montre que la proportion de gaz non brûlé n'augmente pas régulièrement avec la température, mais s'accroît brusquement à certaines températures. La courbe B, fig. 5, a pour abscisses les températures d'explosion des différents mélanges explosifs d'oxyde de carbone, et pour ordonnées les excès de gaz non combustible contenus dans l'unité de volume de chacun de ces mélanges. Plusieurs des points de ces courbes ont été déterminés comme moyenne de deux expériences faites sur le même mélange gazeux. La courbe B présente un point d'inflexion correspondant au coude brusque de la courbe A et à la température où la fraction de gaz brûlé passe subitement de $\frac{1}{3}$ à $\frac{1}{2}$. De tout ceci il résulte que la combustion des gaz se fait dans de toutes autres conditions qu'on ne l'avait admis jusqu'à présent.

Si l'on fait faire explosion à un mélange d'oxyde de carbone et d'oxygène, sa température s'élève subitement de 0° à 3033° C., et après il contient encore les $\frac{2}{3}$ de l'oxyde de carbone primitif, demeurés étrangers à la combustion, n'ayant pas eu à cette température la faculté de se combiner avec l'oxygène ; le gaz se refroidissant par conductibilité et rayonnement, sa température s'abaisse jusqu'à 2558° C., sans qu'aucune nouvelle quantité d'oxyde de carbone ait été brûlée. Le mélange gazeux continuant à se refroidir, il se produit une nouvelle combustion, qui

restitue au mélange la chaleur perdue par conductibilité et rayonnement, et rétablit la température de 2558° C., sans pouvoir toutefois élever la température au-dessus de cette limite. La température qui s'était d'abord graduellement abaissée à partir de 3033° demeure ensuite assez longtemps fixe à 2558° et cela jusqu'à ce que la moitié juste de l'oxyde de carbone ait été brûlée. A partir de ce moment le mélange gazeux entre dans une nouvelle phase de refroidissement graduel jusqu'à 1146° C. au moins, sans intervention d'aucune combustion nouvelle. Et comme lors du refroidissement complet le mélange est entièrement transformé en acide carbonique, ces phases alternatives de combustions partielles et de refroidissements graduels doivent nécessairement se reproduire au-dessous de 1146° C., jusqu'à ce que les dernières portions d'oxyde de carbone aient été brûlées.

Si, en suivant la marche inverse, on réussit par une élévation graduelle de température à faire passer l'acide carbonique par des phases de décomposition successives correspondant à celle que nous venons de constater dans la combustion de l'oxyde de carbone, on en aura une preuve par la mesure du poids spécifique de ce gaz à ces différentes températures, et l'on devra, dans ce cas, trouver comme valeur de cette pesanteur spécifique[1] :

à 0°	1,5202
entre 1146° et 2558°	1,2162
entre 2558° et 3033°	1,1402

De même, en produisant de la sorte la décomposition

[1] En faisant abstraction de l'erreur qui provient de ce que les lois de Mariotte et de Gay-Lussac ne sont pas parfaitement exactes.

lente de la vapeur d'eau, on devrait avoir comme mesures de sa pesanteur spécifique :

à 150° 0,6221
à 1874° 0,4977
à 2024° 0,4666

Cette combustion discontinue et alternative des gaz dans l'oxygène rentre sous la loi générale que j'ai énoncée ailleurs à propos d'une classe de phénomènes tout à fait analogues [1].

Quand dans un mélange gazeux, parfaitement homogène, il se produit à la fois et dans des conditions favorables différentes combinaisons chimiques, celles-ci sont entre elles dans un rapport stœchiométrique simple ; mais ces rapports changent et cela d'une manière discontinue et par sauts brusques, quand on ajoute au mélange gazeux des excès toujours croissants d'un troisième corps qui ne détruise pas l'homogénéité du mélange.

Pour faire mieux comprendre cet ordre de phénomènes, je reproduis ici quelques-unes des observations que j'ai publiées ailleurs [2] à l'appui de cette loi :

Lorsqu'on enflamme un mélange homogène d'hydrogène, d'oxyde de carbone et d'oxygène ne contenant pas assez de ce dernier gaz, pour que la combustion d'aucun des deux autres gaz seul puisse être complète, il peut se présenter trois cas : l'oxygène se combinant tout éntier avec l'un des gaz, ou tout entier avec l'autre ou avec tous deux à la fois. L'expérience montre que la combinaison a lieu avec tous les deux ; mais elle montre en même temps que les quantités de chacun des deux gaz en excès auxquelles l'oxygène se combine sont entre elles dans un

[1] Liebig, *Ann.*, t. LXXX, p. 137.
[2] *Gasometrische Methoden*, page 273.

rapport atomique simple, lequel, quand on fait varier la quantité de l'un ou de l'autre des deux gaz inflammables, ne change pas d'une manière continue, mais passe brusquement d'un rapport atomique simple à un autre. L'oxygène se partage entre les deux gaz en excès, de manière à former toujours un mélange à proportions simples d'eau et d'oxyde de carbone, les différents mélanges pouvant résulter de cette double combinaison sont les suivants :

$2CO_2$	CO_2	CO_2	CO_2	CO_2	CO_2
HO	HO	2HO	3HO	4HO	5HO.

Comme jusqu'ici on n'a pu former aucune combinaison d'eau et d'acide carbonique, on est forcé d'admettre *qu'il se produit entre les atomes libres de différents corps des attractions soumises à la loi des proportions définies, même dans des cas où la combinaison chimique, correspondant à ces proportions, ne peut pas se former.* Partant, on est amené à admettre aussi *que dans des corps en présence et avant aucune combinaison, les forces chimiques sont capables de distribuer les atomes voisins, ceux même qui ne devront jamais se combiner, suivant certains groupements déterminés qui soient entre eux dans des rapports* stœchiométriques *simples, et entre lesquels la combinaison s'effectue de préférence, si plus tard elle a lieu.*

Cela étant, et pour en revenir à la combustion des gaz, on y reconnaît sans peine le même ordre de considérations. Supposons, en effet, un certain nombre d'atomes d'oxygène et d'oxyde de carbone :

CO, O; CO, O; CO, O; CO, O; CO, O; CO, O;

soient exposés à des températures de plus en plus élevées. Il arrivera un moment où la première paire CO, O brûle

et se change en CO_2. La résultante des actions existant entre les atomes :

$$CO, O;\quad CO_2;\quad CO, O.$$

devra dès lors être toute différente de ce qu'elle était dans le premier cas :

$$CO, O;\quad CO, O;\quad CO, O.$$

Cette résultante peut avoir été changée au point de ne pouvoir plus effectuer la combinaison des deux paires d'atomes voisins de CO_2 aux températures comprises entre 3033° C. et 2558° C. Quand donc le même fait se sera produit dans la masse entière du mélange gazeux, il ne pourra y avoir qu'un tiers de l'oxyde de carbone qui soit brûlé, conformément à ce qu'indique l'expérience. Quant à expliquer théoriquement pourquoi dans ces conditions la force attractive en question ne s'exerce qu'entre trois paires d'atomes et non pas plus, on ne le peut pas mieux qu'on ne peut en général pour une combinaison quelconque déterminer d'avance *à priori* les quantités d'atomes qui entreront en jeu. Après cela, on peut par le même mode de raisonnement se rendre compte du fait qu'au-dessous de 2558° C., il n'y ait encore que la moitié du mélange gazeux qui ait brûlé. En effet, la formation d'un nouvel atome d'acide carbonique devenue possible au-dessous de cette température a entraîné avec elle un nouvel état d'équilibre des forces atomiques et un nouveau groupement de ces mêmes atomes tel que :

$$CO, O, O_2,$$

dans lequel de nouveau la résultante des attractions réciproques se trouve trop faible, même aux températures plus basses de 2471° à 1146°, pour former un nouvel atome d'acide carbonique.

Cette explication trouve sa confirmation dans le fait que tant la température à laquelle un mélange gazeux prend feu, que les intervalles de température entre lesquelles ont lieu les différentes phases de combustion, dépendent des attractions qu'exercent les uns sur les autres des groupes d'atomes voisins, même ceux qui ne jouent aucun rôle dans les combinaisons produites. C'est un fait bien connu, que ce n'est qu'à des températures comprises entre 20° et 30° que le phosphore commence à se combiner avec l'oxygène pur pour former de l'acide phosphoreux, qu'une légère addition d'un hydrogène carboné quelconque détruit cette faculté du phosphore de se combiner avec l'oxygène entre 20° et 30°, et ne la rend possible qu'au-dessus de 30°; qu'enfin, au contraire, la présence d'une certaine quantité d'azote abaisse bien au-dessous de 20° le point auquel le phosphore devient lumineux.

J'ai à peine besoin de faire observer ici que la méthode décrite dans ce mémoire pour la détermination des températures de certaines flammes, n'est applicable qu'aux mélanges explosifs dans lesquels il n'y a que deux éléments qui prennent part à la combustion et pas plus, car dans un cas plus compliqué que deux, l'on serait dans l'impossibilité de déterminer quels sont de tous les produits possibles ceux qui se forment dans les différentes phases de la combustion. En revanche, l'on peut toujours au moyen de la formule ci-dessous calculer la température t_1 de la flamme d'un mélange gazeux formé de deux gaz seulement se combinant ensemble, pourvu que l'on ait calculé d'avance une fois pour toutes, en nombres entiers, le coefficient $\frac{m}{n}$, exprimant pour différents intervalles de tempé-

rature la proportion de gaz qui est susceptible de brûler à cette température-là. Cette formule est :

$$t_1 = \frac{\frac{m}{n}\,\mathrm{H}w}{\sigma_2 \frac{m}{n}(\mathrm{H}+\mathrm{O}) + \sigma_1\left(1-\frac{m}{n}\right)\mathrm{H} + \sigma_0\left(1-\frac{m}{n}\right)\mathrm{O} + \sigma_q\, q}$$

dans laquelle les grandes lettres latines indiquent les poids atomiques des gaz qu'il s'agit d'enflammer, σ_0 σ_1 σ_2 σ_q les chaleurs spécifiques des différents gaz, et q le poids d'une certaine quantité de gaz étranger à la combustion, le tout rapporté à la même unité que H et O.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

H. Wild. Pouvoir absorbant de l'air sur la lumière.

M. Wild, à l'occasion des communications faites à l'Académie des Sciences par M. A. de la Rive et par le maréchal Vaillant, a repris l'étude de la question de la transparence de l'air en se servant de son photomètre [1].

Le procédé d'expérimentation consiste dans l'emploi de deux écrans carrés de papier, l'un de $0^m,6$, l'autre de $1^m,2$ de côté. On place ces deux écrans, d'abord tous les deux, à 6 mètres de distance de chacun des deux oculaires du photomètre et on mesure l'intensité relative de leur éclairement. Cela étant, le petit écran demeurant fixe, on transporte l'autre à 21 mètres de distance, puis à 36, et on mesure le rapport de leurs éclairements; puis on mesure de nouveau ce même rapport, les deux écrans étant replacés à la même distance. Une formule [2] dans laquelle a représente le coefficient de transparence de l'air, c'est-à-dire la proportion de lumière incidente transmise à travers une couche d'air d'une longueur d'un mètre, a donné à M. Wild, pour la valeur de a, 0,9961 avec une erreur possible de $\pm 0,0005$.

L'expérience a été faite sur une route parfaitement libre, entourée seulement de prairies; la température était de 24° Cent., la fraction de saturation de l'air de 0,55 et la pression

[1] Voyez *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, juin 1867, t. LXIV, p. 1221.

[2] Nous ne donnons pas ici cette formule qu'on trouvera dans le mémoire original de M. Wild. On peut aussi trouver la description de son photomètre dans les *Annales de Poggendorff*, t. CXVIII, p. 193.

moyenne de $0^m,722$; enfin la couche d'air était située à environ $1^m,2$ au-dessus du sol.

M. Wild remarque que le résultat qu'il a obtenu diffère assez notablement de ceux auxquels conduisent les observations de Schlagintweit qui donnent, d'après lui 0,9990, et d'après Beer 0,9997, nombres tous les deux assez différents de celui de 0,9961 qui résulte de ses propres expériences. M. Wild attribue l'infériorité du coefficient de transparence qu'il a trouvé à ce que le jour où il a fait son expérience tout concourait à augmenter le pouvoir absorbant de l'air. Il soufflait un vent continu du nord-ouest ; l'air était sec et la température élevée, de sorte qu'il devait y avoir dans l'air des courants entraînant avec lui une grande abondance de poussière et de germes organiques.

M. Wild a encore réussi en employant des verres de diverses couleurs à trouver que le coefficient de transparence de l'air est plus grand pour les rayons rouges que pour les bleus.

L'intensité du pouvoir absorbant de l'air ayant paru assez grande à M. Wild pour pouvoir être sensible même dans un tube ne dépassant pas deux mètres de longueur, il a fait une série d'expériences en faisant le vide dans l'un des tubes de son photomètre, tandis que l'autre était rempli d'air à la pression atmosphérique. Il a trouvé une différence sensible dans le degré de transparence de ces deux milieux, ce qui lui a montré que, à l'aide de son photomètre, il lui était facile de mesurer le pouvoir absorbant de faibles colonnes d'air renfermées dans des tubes. En conséquence il se propose, en perfectionnant encore sa méthode, de refaire dans des espaces fermés les expériences qu'il a déjà faites dans des conditions plus favorables en plein air.

En attendant, il résulte des expériences déjà faites que la transparence de l'air est en général bien plus faible qu'on ne l'a cru jusqu'à présent, et que, ainsi que nous l'avons fait remarquer, les rayons bleus sont bien plus absorbés par l'air

que les rayons rouges, ce qui est d'accord avec la théorie que Clausius a donnée de la teinte rouge du ciel le soir et le matin, et de la coloration bleue dans la journée.

J.-C. POGGENDORFF. SUR UN NOUVEAU PHÉNOMÈNE ÉLECTRIQUE DE MOUVEMENT. (*Comptes rendus de l'Académie de Berlin* pour juin 1867, et *Philosophical Magazine*, supplément de février 1868.)

On a fréquemment cité des exemples de mouvement de nature très-diverse provenant de l'action directe ou indirecte des courants électriques, mais le phénomène suivant, dû aux recherches de M. Poggendorff et communiqué par lui, il y a quelques mois, à l'Académie de Berlin, n'avait pas été décrit jusqu'ici. L'auteur l'observa pour la première fois, lorsqu'il s'est occupé du développement de l'électricité par le frottement du mercure contre des corps isolants, en vue surtout de s'assurer si les singulières anomalies, remarquées déjà anciennement à ce sujet, se produiraient également dans un espace vide d'air. Il avait fait préparer dans ce but plusieurs tubes vides d'air, renfermant chacun une certaine quantité de mercure et pourvus aux deux extrémités, ou au moins à l'une d'entre elles, de fils de platine destinés à indiquer l'état électrique du mercure qui y était renfermé. Le premier de ces tubes, qui n'était pourvu que d'un seul fil de platine, devenait très-lumineux lorsqu'on l'agitait à l'obscurité, et lorsque le fil de métal était mis en communication avec un électroscope, il en résultait une divergence notable des feuilles de métal. Cette divergence était négative et, par conséquent, normale.

Pour s'assurer s'il en serait de même lorsque le tube était électrisé, l'auteur recouvrit chacune de ses extrémités d'une large bande de feuille d'étain, et ayant ensuite placé ce tube qu'il compare à une bouteille de Leyde vide d'air, à travers les électrodes d'une machine de Holz, il constata que le pas-

sage du courant n'altérait en rien l'état négatif du mercure. Il crut cependant apercevoir un certain mouvement dans celui-ci pendant que le tube était posé sur les électrodes, mouvement qui, au surplus, ne pouvait avoir un caractère défini, car le courant dans ce cas est un courant alternant.

L'auteur se pourvut donc d'un second tube, muni cette fois de fils de platine à chacune de ses extrémités. Ayant fait passer le courant à travers ce tube, placé aussi horizontalement que possible, dans le sens de sa longueur, il aperçut de nouveau un léger mouvement dans le mercure, plus distinct cette fois que dans le premier cas, mais pas encore assez défini pour l'autoriser à le regarder comme réel. Une expérience analogue, faite avec trois autres tubes, a fourni un résultat à peu près semblable ; mais un sixième tube, préparé avec un soin tout particulier, a suffi pour lever tout doute sur le mouvement du mercure. Non-seulement on y avait fait le vide le plus parfait possible, mais, de plus, on y avait maintenu pendant quelque temps le mercure à l'état d'ébullition, au point qu'en inclinant le tube, on entendait ce bruit sec du mercure contre le verre qui indique que le vide est parfait. De plus, ce tube était recourbé à angle droit à la distance d'un pouce de chacune de ses extrémités, de façon à ce que les fils de platine ne fussent plus en contact avec le mercure, l'auteur ayant cru remarquer que ce contact avait pour effet de diminuer la mobilité du liquide, probablement par suite de la formation d'un amalgame. Le tube, ainsi disposé, a été suspendu aux électrodes de la machine de Holtz à l'aide de petits crochets en fil de fer, de telle manière que le milieu se trouvait parfaitement horizontal. Cette position était facile à obtenir en faisant mouvoir les électrodes, jusqu'à ce que la petite colonne de mercure, qui servait lui-même de niveau, restât parfaitement immobile, lors même qu'on frappait légèrement sur le tube. En faisant alors passer le courant de la machine, on voyait aussitôt le mercure se mettre en mouvement et se transporter avec une certaine vitesse du

pôle négatif au pôle positif, et cela quelle que fût la direction du courant.

Pour que le mercure se mette en mouvement, il est indispensable que le diamètre de la colonne ne soit pas suffisant pour remplir la section entière du tube placé horizontalement, si ce n'est peut-être sur une très-petite portion de sa longueur. Le tube était disposé, dans la plupart des cas, de façon à ce que le mercure formât un petit cylindre ou filet au-dessus duquel passait le courant. Dans l'expérience dont nous venons de rendre compte, ce filet avait quatre pouces de long. La partie horizontale du tube était long d'un pied, d'où il résulte que le filet avait à se mouvoir sur un espace de huit pouces. Il fallait, pour que ce mouvement s'opérât, un intervalle de deux à trois secondes, suivant l'intensité du courant. Dès que le filet de mercure commence à se mouvoir, aussitôt il change de forme et s'allonge d'environ un pouce. Si l'électricité n'agit que sous la forme d'un courant intermittent, on remarque que c'est l'extrémité antérieure du filet, celle qui est située vers l'extrémité positive du tube, qui commence d'abord à se mouvoir, tandis que l'extrémité postérieure reste immobile. Lorsqu'ensuite on suspend l'action du courant, on voit l'extrémité postérieure du filet se traîner à la suite de l'autre, en s'étirant à la façon d'une sangsue. On remarque aussi sur la surface du filet, pendant qu'il se meut, un état de vibration des particules indiqué par l'apparition d'un grand nombre de petites stries, provenant évidemment de la réflexion de la lumière sur les ondes de la matière vibrante.

Le phénomène que nous venons de décrire ne se vérifie pas seulement pour le cas de très-petites quantités de mercure; au contraire, lorsque le mercure est en trop petite quantité, il reste immobile, probablement à cause de son adhésion pour les parois du tube. L'auteur a remarqué, en effet, qu'en secouant le tube de façon à détacher de la partie postérieure du filet de petites parcelles de mercure de deux,

trois ou quatre lignes de long, lorsqu'ensuite on fait passer le courant, ces petites parcelles de mercure restent immobiles, tandis que la masse continue à se mouvoir comme auparavant. Dans l'expérience précitée, le poids du mercure mis en mouvement n'était que d'une once, mais l'auteur ne doute pas qu'en employant un tube plus large, il en aurait été de même d'une livre de mercure, car comme nous le verrons, la force motrice, dans l'opinion de M. Poggendorff, réside en partie dans le mercure même.

Il n'est pas nécessaire, pour que le phénomène de mouvement se manifeste, que le courant employé ait une certaine intensité. Le courant produit par une machine de Holtz est, en effet, faible comparé à celui d'une bobine d'induction ou d'une pile voltaïque, et cependant, ce courant peut être encore affaibli sans rien changer à l'effet produit. La preuve, c'est que l'auteur, dans une de ses expériences, avant d'introduire le courant dans le tube vide, l'a fait passer successivement à travers une colonne d'air de l'épaisseur d'un pouce, puis à travers une colonne d'eau de la longueur de huit pouces, et enfin à travers le fil d'une bobine d'induction de 10,000 pieds, sans que son action parût le moins du monde affaiblie. Les électrodes auxquels le tube est suspendu, s'ils se terminent en pointes, peuvent être rapprochés à moins d'un pouce l'un de l'autre, de façon à laisser passer de petites étincelles, sans amener d'interruption dans le mouvement du mercure. L'auteur a même constaté que le courant produit par la machine électrique ordinaire, munie d'un disque de quinze pouces seulement, suffisait pour communiquer au mercure un mouvement de vibration tout aussi vif que lorsqu'il se servait de la machine de Holtz. Ce mouvement était cependant moins continu, se manifestant plutôt par saccades; et c'était vers l'extrémité de la machine qui communiquait avec le conducteur, c'est-à-dire, vers le pôle positif de la machine que se portait le filet de mercure.

L'auteur est parvenu à reproduire le phénomène au moyen

de la machine de Holtz jointe à une bouteille de Leyde. Dans ce cas, le tube était suspendu de manière que l'une de ses extrémités se trouvait rapprochée de l'électrode positif, et l'autre d'un support isolé en laiton dont on approchait l'électrode négatif à la distance de demi-pouce environ. On a remarqué que, dans ce cas, il arrivait parfois qu'avant le passage d'une étincelle de la bouteille de Leyde, et par conséquent, pendant que l'électricité positive se portait à travers l'électrode pour former cette étincelle, le mercure dans le tube commençait à se mouvoir du côté du pôle positif, ou plutôt vers la portion la plus positive de l'électrode positif, tandis qu'au moment où l'étincelle passait, le mercure restait à peu près stationnaire.

Un courant d'induction paraît se comporter comme le courant de la machine, mais d'une façon moins énergique, malgré sa plus grande intensité. L'auteur n'a pu arriver à des conclusions certaines sur cette partie de son sujet. Pour éviter l'action que des fils de platine, sous l'influence du courant d'induction, pourraient exercer sur le mercure, l'auteur s'est servi de tubes munis de fils d'aluminium. Dans ce cas, des effets analogues à ceux déjà décrits, quoiqu'un peu moins énergiques, se sont représentés lorsqu'on a employé le courant de la machine, tandis qu'un puissant courant d'induction ne produisait qu'une action d'une nature douteuse, lors même que dans ce cas les tubes ont paru remplis d'une lumière blanche stratifiée ou granulée visible de jour, ce qui n'est jamais arrivé en se servant du courant de la machine.

Dans la production du phénomène que nous venons de décrire, la quantité d'électricité est un élément moins important que ce qu'on appelle son « intensité ou sa tension. » C'est ce qui le distingue de phénomènes analogues produits par le passage de courants voltaïques à travers les liquides, et plus spécialement des mouvements du mercure observés par M. Erman en 1808, et par M. Quinke en 1861. D'après la théorie de M. Quincke, à laquelle M. Poggendorff se rallie,

au moins quant à présent, la substance renfermée dans le tube est électrisée, avant de se mettre en mouvement, par le contact du corps qui est à côté d'elle. Alors le courant agit sur la substance ainsi électrisée, et la transporte au pôle positif ou au pôle négatif suivant que l'électricité développée est négative ou positive. Le mercure, par exemple, dans l'expérience des tubes de Poggendorff, serait devenu négatif par suite de son contact avec le verre, et nous avons vu qu'il était effectivement à l'état négatif au moment de se mettre en mouvement. Il n'est donc pas étonnant qu'il se soit transporté du côté du pôle positif. Si cette opinion est fondée, il faudrait, ce semble, en conclure que le transport du mercure devrait pouvoir s'effectuer en quantité quelconque. L'auteur fait cependant remarquer que le mercure, dans quelques-uns des tubes, avait une réaction positive, avant même qu'il eût pu constater un mouvement correspondant vers le pôle négatif. Il est possible qu'il se soit trouvé à l'état négatif pendant le passage du courant.

Dans tous les cas décrits précédemment, le phénomène de mouvement du mercure a été accompagné d'une belle lueur fluorescente jaunâtre, visible à l'obscurité seulement, et qui se montre à l'extrémité négative du tube sur toute la longueur du fil de platine. Cette même lumière se manifeste à l'extrémité de la colonne de mercure tournée du côté du pôle positif, et se meut avec elle à travers le tube tout entier jusqu'à la courbure positive, laquelle émet aussi une vive lueur au moment où le mercure l'atteint. Le reste du tube, non occupé par le mercure, brille d'une belle lumière violette mais non stratifiée. Il est à remarquer que, dès que le mercure a atteint la courbure positive du tube, aussitôt la lumière jaune de l'extrémité négative perd une grande partie de son intensité, mais elle la retrouve dès que l'électricité positive a disparu. Cette intensité est encore accrue dans de certaines limites en faisant passer le courant électrique, avant qu'il ait pénétré dans le tube, à travers une couche mince d'air.

Les différents tubes de verre ne font pas tous également ressortir la lumière jaune fluorescente dont nous venons de parler. Morren l'attribuait (*Ann. de Chimie et de Physique*, série 4, t. IV, p. 365) à la présence d'uranium dans tous les verres d'Allemagne; mais une analyse postérieure par le docteur Stahlschmidt du verre des tubes employés dans les expériences relatées ci-dessus, montre qu'il ne renfermait pas la plus petite trace d'uranium, mais bien une quantité notable de cuivre, quoique d'ailleurs complétement incolore.

V. Regnault. Sur la vitesse de propagation des ondes dans les milieux gazeux. (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences,* tome LXVI, p. 209.)

Les expériences dont je présente aujourd'hui les résultats à l'Académie sont terminées depuis plusieurs années. Le Mémoire qui les résume est déjà imprimé dans le tome XXXVII de ses Mémoires, dont il forme la première partie; mais comme ce volume ne paraîtra que dans un avenir plus ou moins éloigné, je prie l'Académie de m'autoriser à en publier les conclusions dans le *Compte rendu* de cette séance.

Conclusions générales.

Les formules adoptées jusqu'ici par les physiciens, comme représentant la vitesse de propagation d'une onde dans un milieu gazeux indéfini dans tous les sens, ou renfermé dans un tuyau cylindrique et rectiligne, supposent que le gaz jouit de l'élasticité parfaite, de plus que l'excès de force élastique qui donne lieu à la propagation de l'onde est infiniment petit par rapport à l'élasticité du milieu tranquille.

Ces hypothèses sont introduites dès l'origine dans le calcul; leurs conséquences se trouvent donc nécessairement dans les formules qu'on en déduit. Mais aucun de nos gaz ne satisfait rigoureusement à ces conditions; on doit donc s'attendre à trouver des différences sensibles entre les résul-

tats des expériences directes et ceux que l'on déduit de la théorie par le calcul.

En effet, en disant que le gaz jouit de l'élasticité parfaite, on suppose :

1° Qu'il suit exactement la loi de Mariotte ; mais l'expérience démontre que tous les gaz s'en écartent plus ou moins ;

2° Que son élasticité n'est pas altérée par les corps ambiants : mes expériences sur la propagation des ondes dans les tuyaux démontrent que leurs parois exercent une influence très-marquée ;

3° Que le gaz n'oppose aucune inertie à la transmission de l'onde : or mes expériences démontrent que l'émission d'une onde forte produit toujours un *véritable transport* des premières couches gazeuses, lequel augmente notablement la vitesse de propagation, surtout dans la première partie du parcours ;

4° Pour tenir compte de l'accélération produite par le dégagement subit de chaleur qui a lieu au moment du passage de l'onde, on admet dans le calcul la loi de Poisson ; mais celle-ci n'est exacte que si le gaz jouit de l'élasticité parfaite, s'il satisfait à la loi de Mariotte, etc., etc.

Enfin, le calcul théorique suppose que l'excès de compression qui existe dans l'onde est infiniment petit par rapport à la pression barométrique supportée par le gaz. Mais les expériences pour déterminer la vitesse de propagation du son dans l'air libre ont été faites jusqu'ici à l'aide du canon, et l'on a suivi l'onde depuis son origine, qui est à la bouche de la pièce. Or cette onde présente, au sortir du canon, une compression énorme, laquelle, il est vrai, s'affaiblit très-vite à mesure que l'onde se propage sphériquement dans l'espace ; mais on ne peut pas admettre que cette compression est *infiniment petite* dans les premières parties du parcours.

Lorsque l'excès de compression dans l'onde est une fraction sensible de celle du milieu gazeux tranquille, on ne peut

plus admettre la formule de Laplace; il faut recourir à une formule plus complexe, dans laquelle on a introduit les éléments véritables du problème. La formule que j'ai donnée dans mon Mémoire n'est elle-même qu'une approximation, car elle admet encore implicitement la loi de Mariotte et toutes les conséquences qui en découlent.

En résumé, la théorie mathématique n'a abordé jusqu'ici la propagation des ondes que dans un *gaz parfait*, c'est-à-dire dans un *fluide idéal* qui réunit toutes les propriétés que l'on a introduites *hypothétiquement* dans le calcul. On ne s'étonnera donc pas de voir que les résultats de mes expériences soient souvent en désaccord avec la théorie.

I. D'après la théorie, une onde plane doit se propager indéfiniment dans un tuyau cylindrique rectiligne, en conservant la même intensité. Mes expériences démontrent, au contraire, que l'intensité de l'onde diminue successivement, et d'autant plus vite que le tuyau a une plus faible section.

Pour démontrer nettement ce fait, j'ai produit des ondes, d'intensité égale, avec un même pistolet chargé de 1 gramme de poudre, à l'orifice de conduites de sections très-différentes, et j'ai cherché à reconnaître la longueur du parcours au bout de laquelle le coup ne s'entend plus à l'oreille. J'ai cherché de plus à déterminer le parcours, beaucoup plus long, au bout duquel l'onde silencieuse cesse de marquer sur mes membranes les plus sensibles. J'ai trouvé ainsi :

1° Dans une conduite à gaz d'Ivry, dont la section intérieure est de $0^{m},108$, on entend encore le coup à la seconde extrémité, distante de $566^{m},7$ de l'origine, mais le son est très-affaibli. Si l'on ferme la seconde extrémité hermétiquement, avec une plaque de tôle, et qu'on place l'oreille à l'orifice du départ, il faut prêter la plus grande attention pour entendre le retour du coup. Ainsi, dans une conduite cylindrique rectiligne du diamètre de $0^{m},108$, un parcours de 1150 mètres suffit pour éteindre complétement le son produit par un coup de pistolet, avec une charge de 1 gramme de poudre.

2° Dans une conduite, du diamètre de $0^m,30$ de la route militaire, le coup de pistolet s'entend très-distinctement à l'autre extrémité, éloignée de 1905 mètres. Si l'on ferme cette extrémité avec une plaque de tôle, et qu'on applique l'oreille à l'orifice du départ, on entend encore l'onde réfléchie, mais la perception est à peine sensible. L'onde a alors parcouru. dans la conduite, un chemin de 3810 mètres.

3° Dans la grande conduite, du diamètre de $1^m,10$, de l'égout Saint-Michel, l'onde produite par le coup de pistolet donne un son intense quand elle arrive à l'autre extrémité B, après avoir parcouru un chemin de 1590 mètres. Après une première réflexion en B, elle revient à l'extrémité de départ A. Son parcours total est alors de 3180 mètres; on reconnaît que le son s'est affaibli, mais il conserve assez d'intensité pour qu'on l'entende au dehors, sans avoir besoin de retirer la membrane qui ferme l'orifice A. Après une seconde réflexion en B et un second retour en A, l'onde a parcouru 6360 mètres; on entend encore le coup très-distinctement. Enfin, ce n'est qu'après une nouvelle réflexion en B, qu'on n'entend le troisième retour en A, que si un silence absolu règne dans la galerie. Le parcours total est alors de 9540 mètres.

Ainsi, un coup de pistolet, produit par 1 gramme de poudre, donne un son qui n'est plus perçu par l'oreille quand il a parcouru :

1150 mètres dans un tuyau dont le diamètre est de $0^m,108$,
3810 mètres dans un tuyau dont le diamètre est de $0^m,300$,
9540 mètres dans un tuyau dont le diamètre est de $1^m,100$.

Les longueurs sont ici sensiblement proportionnelles aux diamètres. Il est probable, néanmoins, que ces parcours seraient plus longs si l'onde ne subissait pas des réflexions successives qui l'affaiblissent continuellement.

Lorsque l'onde n'a plus assez d'intensité, ou *qu'elle s'est assez modifiée*, pour ne plus produire sur notre oreille la sen-

sation du son, elle est encore capable, même après un parcours très-prolongé, de marquer son arrivée sur nos membranes.

Ainsi, lorsque l'onde est produite par une charge de 1 gramme de poudre, elle imprime sa dernière marque sur une membrane quand elle a parcouru les chemins suivants :

4056 mètres dans la conduite de 0^m,108,
11430 mètres dans la conduite de 0^m,300,
19851 mètres dans la conduite de 1^m,100.

Mais, sur une conduite du diamètre de 1^m,10 qui forme le grand siphon de Villemonble, nous avons noté des parcours beaucoup plus longs ; il est vrai que la charge de poudre était portée à 2^{gr},40. Ainsi, dans le tableau qui renferme les résultats de l'une des séries d'expériences faites sur cette longue conduite, la dernière marque correspondait à une onde qui avait parcouru 58641 mètres, et, lorsqu'on opérait sans tirer les bandes de papier, on notait facilement jusqu'au dixième retour de l'onde à la membrane A, lequel correspondait à un parcours de 97735 mètres, c'est-à-dire de près de 100 kilomètres. Mais les bandes de papier noirci prenaient des longueurs tellement considérables, qu'il m'a été impossible de recueillir plus de six retours ; ces bandes avaient déjà une longueur de 27 mètres quand elles marquaient le sixième retour.

Quelles sont les causes qui affaiblissent ainsi une onde plane lorsqu'elle se propage dans une conduite cylindrique rectiligne ? Elles sont de diverses natures, mais la principale tient certainement à ce que l'onde perd constamment une partie de sa force vive par la réaction des parois élastiques du tuyau. On le reconnaît immédiatement sur notre grande conduite du diamètre 1^m,10 de l'égout Saint-Michel, qui est suspendue sur des colonnes de fonte, dans une large galerie voûtée : dans le premier trajet de l'onde, on entend au dehors un son très-fort au moment du passage de l'onde, en

quelque point de la ligne qu'on se place. Une portion notable de la force vive se dépense donc au dehors ; j'en dirai autant pour les extrémités et pour tous les orifices garnis de membranes. Cette perte continue nécessairement après que l'onde n'a plus assez d'intensité pour impressionner l'oreille, et elle suffit, à la rigueur, pour expliquer comment le son s'éteint, et comment l'onde s'affaiblit assez pour ne plus faire marcher nos membranes les plus sensibles. Mais je ne crois pas que ce soit la cause unique; il y en a une autre qui provient d'une action de la paroi solide sur le gaz, dont elle diminue sensiblement l'élasticité; j'en donnerai une preuve tout à l'heure.

II. La formule de Laplace ne contient pas l'expression de l'intensité de l'onde; d'après cette formule, la vitesse de propagation d'une onde est donc la même, quelle que soit son intensité. Mais, d'après la formule plus générale que j'ai donnée, cette vitesse doit être d'autant plus grande que l'intensité de l'onde est plus considérable. Or nous venons de voir que, dans une conduite cylindrique rectiligne, l'intensité de l'onde ne reste pas constante, comme on l'a admis jusqu'ici; mais qu'elle diminue successivement, et d'autant plus rapidement que le tuyau a une section plus petite. Il en résulte nécessairement que la vitesse de propagation d'une onde dans un tuyau doit diminuer continuellement à mesure qu'elle se propage, et la diminution sera d'autant plus rapide que le tuyau aura une plus petite section. C'est en effet ce qui se présente dans toutes mes expériences; je me contenterai de rapporter ici les vitesses moyennes d'une onde produite par un coup de pistolet qui se propage dans de l'air sec et à 0 degré, et que l'on suit depuis son départ jusqu'au moment où elle n'a plus assez d'intensité pour faire marcher mes membranes. Je les choisis parmi les expériences qui ont été faites sur les conduites des sections $0^m,108$, $0^m,300$ et $1^m,10$.

1° *Conduite du diamètre de* 0^{m},108 *de la route d'Ivry.*

Chemins parcourus.	Vitesses moyennes V'_0.
Charge de poudre = 0^{gr},3.	
m 566,74	m 330,99
1133,48	328,77
1700,22	328,21
2266,96	327,04
2833,70	327,52
Charge de poudre = 0^{gr},4.	
m 1351,95	m 329,95
2703,00	328,20
4055,85	326,77
5407,80	323,34 [1]

La diminution de la vitesse moyenne d'une même onde comptée depuis son départ, mais que l'on prend successivement sur un parcours de plus en plus long, est très-marquée.

2° *Dans la conduite du diamètre de* 0^{m},30 *de la route militaire.*

Chemins parcourus.	Vitesses moyennes V'_0.
Charge de poudre = 0^{gr},4.	
m 1905,0	m 331,91
3810,0	328,72
Charge de poudre = 0^{gr},4.	
1905,0	332,37
3810,0	330,34
Charge de poudre = 1^{gr},5.	
Réflexion sur le fond fermé B.	
3810,3	332,18
7620,6	330,43
11430,0	329,64
15240,0	328,96

[1] Cette dernière vitesse m'inspire peu de confiance, parce qu'on ne l'a trouvée que sur une seule bande.

Les vitesses moyennes, pour des ondes produites avec une même charge de poudre et pour des parcours égaux, sont donc beaucoup plus grandes sur la conduite de 0m,30 que sur celle de 0m,108.

3° *Dans la conduite du diamètre de* 1m,10 *de l'égout St-Michel.*

Chemins parcourus.	Vitesses moyennes V'_0.
Charge de poudre = 1 gramme.	
m 749,1	m 334,16
920,1	333,20
1417,9	332,50
2835,8	331,72
5671,8	331,24
8507,7	330,87
11343,6	330,68
14179,5	330,56
17015,4	330,50
19851,3	330,52

La vitesse moyenne de propagation sur la conduite du diamètre de 1m,10 diminue moins vite que sur celle du diamètre 0m,30. Les premières vitesses sont plus grandes, parce qu'elles sont prises bien plus près du départ.

Les différences sont encore plus marquées quand nous comparons, sur les trois conduites, les *vitesses moyennes limites,* c'est-à-dire celles qui correspondent à l'onde assez affaiblie depuis son départ pour ne plus marquer sur nos membranes.

Ces vitesses limites ont été trouvées :

Sur la conduite de 0m,108, $V'_0 = 326^m,66$ chemin parcouru = 4055m,9
» 0,300, $V'_0 = 328,96$ » = 15240,0
» 1,100, $V'_0 = 330,52$ » = 19851,3

Dans ces expériences, l'onde a été produite par la même

charge de poudre; les membranes sont les mêmes, elles ont par conséquent la même sensibilité : en d'autres termes, elles doivent cesser de marquer dans les trois conduites, lorsque l'onde est arrivée à la même faiblesse. Si donc l'affaiblissement de l'onde ne provenait que de la perte de force vive à travers la paroi du tuyau, la vitesse moyenne limite devrait être la même dans les trois conduites, puisque l'onde a la même intensité au départ, et la même intensité au moment où elle donne sa dernière marque sur la membrane. Ces vitesses limites étant au contraire très-différentes, il faut en conclure que les parois du tuyau exercent encore sur l'air intérieur une autre action que celle que nous venons d'indiquer, action qui diminuerait notablement son élasticité sans changer sensiblement sa densité. Par suite de cette action, la *vitesse de propagation d'une onde de même intensité dans des tuyaux rectilignes serait d'autant plus faible que le tuyau aurait une section moindre.* Il est probable que la nature de la paroi, que son poli plus ou moins parfait, exercent une influence sur ce phénomène. Je citerai un fait qui en donne la preuve : dans les égouts de Paris à grande section, on prévient ordinairement les ouvriers par le son de la trompette; or on a reconnu que ces signaux portent incomparablement plus loin dans les galeries dont les parois sont recouvertes d'un ciment bien lisse, que dans celles où elles sont formées par de la meulière brute.

Pour que cette action des parois sur l'élasticité du milieu gazeux fût absolument nulle, il faudrait que le diamètre du tuyau fût infini; en d'autres termes, que la propagation du son eût lieu dans l'air libre. Mais cette action doit déjà être très-petite dans mes grosses conduites de $1^m,10$; j'ai supposé qu'elle y était nulle, et j'ai conclu d'expériences très-nombreuses et très-concordantes que *la vitesse moyenne de propagation, dans l'air sec et à zéro, d'une onde produite par un coup de pistolet, et comptée depuis la bouche de l'arme jusqu'au*

moment où elle s'est tellement affaiblie, qu'elle ne fait plus marcher mes membranes les plus sensibles, est

$$V'_0 = 330^m,6.$$

J'ai cherché aussi à déterminer la vitesse que possède l'onde la plus affaiblie, celle que j'appelle la *vitesse minima*. Cette détermination n'a pu être faite avec quelque certitude que sur les grosses conduites de $1^m,10$; on a trouvé

$$W'_0 = 330^m,30,$$

valeur qui diffère peu de la *vitesse limite moyenne*.

Dans les conduites de plus petit diamètre, la vitesse minima est encore moindre.

III. Lorsque l'onde est produite, non plus par l'explosion subite d'un mélange détonant, mais par l'injection d'une petite quantité d'air plus ou moins comprimé, sa vitesse de propagation dans la même ligne de tuyaux est d'autant plus grande que son intensité est plus considérable. Ainsi, pour cette onde, comme pour celle qui est donnée par le coup de pistolet, la vitesse diminue progressivement.

Dans nos conduites de $1^m,10$, les ondes produites par l'injection de l'air comprimé ont sensiblement la même vitesse initiale de propagation que les ondes qui sont données par les coups de pistolet, mais leur vitesse moyenne limite est un peu plus faible. Le même fait s'est présenté pour la conduite de $0^m,30$, lorsque l'excès de pression de l'air injecté était suffisant.

IV. L'onde produite par la fermeture brusque de l'orifice à l'aide d'un disque lancé avec une grande vitesse se comporte de même: *la vitesse de propagation diminue sensiblement à mesure que le parcours augmente.* Les expériences faites à l'aide du piston frappeur sur la conduite du diamètre de $0^m,216$ de la route de Choisy-le-Roi le montrent très-clairement. Dans la grande conduite du diamètre de $1^m,10$, formant le siphon de Villemonble, on a trouvé pour la vitesse

moyenne de propagation, sur un même parcours de $9773^{m},5$:

Lorsque l'onde est donnée par un coup de pistolet. . . $V'_0 = 333^{m},11$
Quand elle est produite par le piston frappeur. . . . . . $V'_0 = 332^{m},56$

Ainsi, l'onde donnée par le piston frappeur marche un peu moins vite que celle qui provient du coup de pistolet; mais cela tient uniquement à ce qu'elle a moins d'intensité, car elle n'a jamais marqué sur la membrane un second retour qui correspondrait à un chemin parcouru de 19547 mètres, tandis que l'onde fournie par le coup de pistolet a marqué constamment plusieurs retours.

V. Les expériences que j'ai faites sur les ondes produites par la voix humaine et par les instruments à vent sont décrites en détail dans mon mémoire; mais la description que je pourrai en faire ici prendrait trop d'étendue pour cet extrait.

VI. Nos formules théoriques de la vitesse de propagation du son dans l'air ne contiennent pas la pression barométrique à laquelle l'air est soumis. Si donc ces formules sont exactes, *la vitesse de propagation d'une onde dans un gaz est la même, quelle que soit la pression que le gaz supporte.* Les seules expériences directes que l'on puisse invoquer jusqu'ici, comme confirmant cette loi, ont été faites dans l'air libre; ce sont celles de MM. Stampfer et Myrbach en 1822, dans le Tyrol, entre deux stations présentant une différence de niveau de 1364 mètres, et celles de MM. Bravais et Martens, faites en 1844 en Suisse, à deux stations dont la différence de niveau était de 2079 mètres. Malheureusement, les pressions barométriques moyennes que l'air présente entre les deux stations ne diffèrent pas assez de la pression au niveau de la mer.

J'ai donné dans mon mémoire deux séries d'expériences pour déterminer la vitesse de propagation du son dans de l'air, sous diverses pressions, et contenu dans des tuyaux du diamètre de $0^{m},108$.

La première sur la conduite à gaz de la route militaire, près d'Ivry, ayant 567^m,4 de longueur ; les pressions ont varié de 0^m,557 à 0^m,838 ; par suite, la densité de l'air de 1,0 à 1,5.

La seconde a été faite sur une petite conduite horizontale établie dans la cour du Collége de France, et dont la longueur n'est que de 70^m,5. Les pressions ont varié depuis 0^m,247 jusqu'à 1^m,267, par conséquent, la densité de l'air a changé à peu près de 1 à 5.

Il n'a pas été possible de constater une différence sensible dans la vitesse de propagation du son dans l'air sous des pressions si différentes. Ainsi, mes expériences confirment l'exactitude de la loi que je viens d'énoncer.

VII. Si l'on compare les vitesses V et V′ de propagation d'une même onde dans deux gaz différents, mais à la même température et sous la même pression : si l'on admet qu'ils suivent la loi de Mariotte, qu'ils ont le même coefficient de dilatation, qu'ils satisfont à la loi de Poisson, etc., etc. : en un mot, si l'on admet que ce sont des *milieux gazeux parfaits*, on doit avoir, d'après la théorie,

$$\frac{V'}{V} = \sqrt{\frac{d'}{d}}.$$

De sorte que si l'un des gaz est l'air atmosphérique, et si δ représente la densité de l'autre gaz par rapport à l'air, on a

$$\frac{V'}{V} = \sqrt{\frac{1}{\delta}}.$$

Jusqu'ici on n'a fait aucune expérience directe pour déterminer la vitesse de propagation d'une onde dans un gaz autre que l'air atmosphérique ; on a cherché seulement à démontrer l'exactitude de la loi précédente par une méthode détournée, fondée sur la théorie des tuyaux sonores.

Je donne dans mon mémoire deux séries d'expériences directes sur les gaz que j'ai pu préparer en quantité suffisante.

La première série a été faite sur la conduite du diamètre de $0^m,108$ de la route militaire d'Ivry, et dont la longueur efficace est de $567^m,4$; j'ai pu la remplir successivement de gaz hydrogène, d'acide carbonique et de gaz de l'éclairage.

Pour la seconde série, j'ai utilisé la petite conduite du Collége de France, qui a la même section, mais seulement une longueur de $70^m,5$. J'ai pu m'en servir pour les gaz acide carbonique, protoxyde d'azote et ammoniac; je réunis en un seul tableau les résultats obtenus sur les deux conduites:

	$\frac{V'}{V}$		
	Conduite de $567^m,3$.	Conduite de $70^m,5$.	$\sqrt{\frac{1}{\delta}}$
Hydrogène.......	3,801	»	3,682
Acide carbonique.	0,7848	0,8009	0,8087
Protoxyde d'azote.	»	0,8007	0,8100
Ammoniaque	»	1,2279	1,3025

Si l'on compare les rapports $\frac{V'}{V}$ des deux premières colonnes aux valeurs calculées de $\sqrt{\frac{1}{\delta}}$, on trouve une coïncidence assez remarquable: les différences seraient certainement plus petites si on avait pu opérer sur des gaz très-purs, mais c'est bien difficile dans des conduites d'aussi grande capacité. De plus, les valeurs de $\sqrt{\frac{1}{\delta}}$ ne sont pas elles-mêmes très-exactes, parce qu'on est obligé quelquefois de prendre pour la densité du gaz par rapport à l'air, sa densité théorique, et non sa densité réelle, qui doit seule intervenir.

Mes expériences démontrent que l'on peut admettre la loi $\frac{V'}{V} = \sqrt{\frac{1}{\delta}}$, mais seulement comme une *loi limite*, à laquelle les gaz satisferaient exactement si on les mettait dans les conditions où ils se comportent comme des *milieux élastiques parfaits.*

VIII. Mes expériences pour déterminer la vitesse de pro-

pagation des ondes dans l'air libre, ont été faites par la méthode des coups de canon réciproques. L'onde a évidemment au départ une très-grande intensité, mais elle s'affaiblit très-vite à mesure qu'elle se propage sphériquement dans l'espace. De plus, au moment du départ du coup, les couches d'air voisines de la pièce doivent subir un véritable transport, qui augmente encore la vitesse de propagation. Ainsi, par suite de ce transport et de sa grande intensité, l'onde doit marcher plus vite, surtout suivant la ligne du tir, dans les premières parties du parcours que dans les suivantes. Mais cette accélération s'éteint très-vite et devient à peu près insensible quand l'onde parcourt de grandes distances.

Je distingue deux séries d'expériences :

Pour la première série, qui comprend 18 coups réciproques, chaque canon est éloigné d'environ 1280 mètres de la membrane qui marque l'arrivée de l'onde ; on trouve pour la vitesse moyenne de propagation dans l'air tranquille, sec et à 0 degré,

$$V'_0 = 331^m,37.$$

Dans la seconde série, chaque canon est éloigné de 2445 mètres environ de sa membrane; elle se compose de 11 journées d'expériences comprenant 149 coups réciproques avec de très-grandes variations de température et de vent.

La moyenne générale donne pour la vitesse dans l'air tranquille sec et à 0 degré,

$$V'_0 = 330^m,7.$$

Cette vitesse est notablement moindre que celle de la première série. Ainsi nous trouvons encore ici que la vitesse diminue sensiblement à mesure que le parcours augmente.

Dans la seconde série, la température a varié de $1^\circ,5$ à $21^\circ,8$; j'en conclus l'exactitude de la correction pour la température, telle qu'on l'admet généralement.

IX. Ces recherches sur la propagation de l'onde dans les milieux gazeux ont été entreprises principalement au point

de vue de la théorie mécanique de la chaleur. Je crois pouvoir en déduire des conséquences importantes ; mais la place dont je puis disposer pour cet extrait ne me permet pas de les développer.

CHIMIE.

Dr Jul. Löwe. Ueber die Umwandlung, etc. Sur la transformation de l'acide gallique en acide tannique. (*Journal für prakt. Chemie*, CII, p. 111. En extrait dans *Zeitschrift für Chemie*, 1868, p. 111.)

Les recherches de M. Rochleder ont rendu douteux que l'on doive considérer l'acide tannique comme un glucoside dont l'acide gallique serait un dérivé. M. Löwe reviendra plus tard sur ce point, dans un travail sur le tannin. Il se propose dans ce mémoire de montrer que l'acide gallique peut être transformé, par oxydation, en acide tannique. C'est un fait connu qu'un mélange d'acide gallique et de nitrate d'argent, tous deux en solution aqueuse, reste clair au premier moment pour laisser ensuite précipiter de l'argent métallique. Quand on opère sur des liqueurs concentrées, il se dépose, par le frottement de la baguette sur les parois du verre, un précipité cristallin de gallate d'argent qui se décompose peu à peu même dans l'obscurité, avec séparation d'argent. Le liquide surnageant se colore alors en jaune, et quand on le soumet à l'évaporation, on obtient un résidu visqueux jaune foncé. L'acide gallique pur n'est pas complétement attaqué par le nitrate d'argent ; il est facile d'en retrouver des aiguilles dans le résidu dont il vient d'être question. Mais la réaction s'effectue sur la totalité de l'acide gallique, si, comme M. Löwe l'a reconnu, on l'emploie sous forme de gallate. L'auteur a neutralisé de l'acide gallique par du carbonate de baryte, décomposé les dissolutions par le nitrate d'argent, filtré au bout de vingt-quatre heures, éliminé l'excès d'argent au moyen du chlorure de baryum, filtré

de nouveau, et précipité par l'acétate de plomb. Après un lavage complet, le tannate de plomb obtenu a été mis en suspension dans de l'eau aiguisée de quelques gouttes d'acide acétique et traité par un courant d'acide sulfhydrique. Le sulfure de plomb ayant été éliminé, la liqueur évaporée a laissé un dépôt jaune foncé, visqueux, lequel est devenu friable en se refroidissant et ne contenait point de cristaux d'acide gallique. Ce dépôt possédait si bien les propriétés de l'acide tannique, comme on a pu s'en assurer par ses réactions sur les alcaloïdes, les peaux et la gélatine, qu'il n'est guère possible de douter que ce fût du tannin pur. M. D.

H. E. Roscoe. Recherches sur le vanadium. (*Proceedings of the Royal Society*, XVI, p. 220, 19 décembre 1867.)

Comme tous les chimistes le savent, le plomb chloro-vanadiaté d'Écosse présente le plus complet isomorphisme avec l'apatite, la pyromorphite et le mimetèse, trois minéraux dont les acides correspondent à la formule générale R^2O^5, tandis que les expériences de Berzélius conduisent à admettre que l'acide vanadique est formé par la combinaison d'un atome de vanadium avec trois atomes d'oxygène.

Il résulte de ce qui précède que l'on se trouve en présence des deux alternatives suivantes, ou bien l'isomorphisme de la vanadinite et de la pyromorphite est un fait accidentel, sans qu'il existe de relations dans la constitution de ces deux corps, ou bien les recherches de Berzélius, confirmées par Shafarik et par Czudnowicz, sont entachées d'erreur, et il faut admettre pour l'acide vanadique une formule V^2O^5 qui corresponde à celle de l'acide phosphorique.

Berzélius a basé ses conclusions sur les faits suivants, savoir : 1° la perte de poids constante que l'acide vanadique subit sous l'influence de l'hydrogène à une température rouge ; 2° l'action du chlore sur l'oxyde provenant de la

réduction ci-dessus, laquelle action donne naissance à un chlorure volatil, tandis qu'il reste un résidu d'acide vanadique dont le poids est égal au tiers de celui qui avait été soumis à la réduction par l'hydrogène. Partant de ces données, Berzélius conclut que le nombre d'atomes d'oxygène dans l'oxyde est à celui de l'acide comme 1 à 3, et en admettant que l'oxyde inférieur contient un atome d'oxygène, il en attribue trois à l'acide vanadique. Les analyses du chlorure volatil faites par Berzélius et par Shafarik confirment ces conclusions et rendent indubitable que le poids atomique du vanadium étant pris = à 68,5 (O=8), la formule de l'acide vanadique soit VO^3, celle de l'oxyde préparé par réduction VO et celle du clorure VCl^3.

Les recherches de M. Roscoe l'ont conduit à des conclusions différentes de celles de l'illustre chimiste suédois touchant la constitution des combinaisons du vanadium, et le professeur de Manchester établit que la formule de l'acide vanadique est V^2O^5, le poids atomique du vanadium $V=51,2$, que la substance décrite par Berzélius comme étant le métal n'est qu'un oxyde, tandis que le chlorure de ce chimiste ne serait en réalité qu'un oxychlorure.

M. Roscoe a obtenu les composés suivants du vanadium :

Le protoxyde ou vanadyle, $VO=67,2$.

Le sesquioxyde (sous-oxyde de Berzélius), $V^2O^3=150,4$.

Le bi-oxyde, $VO^2=83,2$.

L'acide vanadique, $V^2O^5=182,4$.

L'oxychlorure $VOCl^3$ correspondant à l'oxychlorure de phosphore. C'est le tri-chlorure de Berzélius.

Les oxychlorures $VOCl^2$, $VOCl$, V^2O^2Cl.

L'azoture VAz contenant 51,2 p. de vanadium pour 14 d'azote.

Fondu avec du carbonate de soude, l'acide vanadique déplace trois molécules d'acide carbonique, ce qui montre que le vanadate normal est tri-basique et correspond en conséquence à la formule $3Na^2O+V^2O^5$.

La réduction de l'acide vanadique par l'hydrogène se représente par l'équation suivante :

$$V^2O^5 + 4H = V^2O^3 + 2\,(H^2O)$$

et l'action du chlore sur l'oxyde provenant de la réduction précédente par

$$3\,V^2O^3 + 12\,Cl = V^2O^5 + 4\,(VOCl^3).$$

Poids atomique du vanadium. L'auteur l'a déterminé en réduisant l'acide vanadique en évitant soigneusement tout ce qui pourrait amener la présence d'acide phosphorique dans sa matière. En adoptant les formules V^2O^5 et V^2O^3 pour l'acide et le produit de sa réduction, quatre expériences ont conduit au nombre moyen 51,37 pour le vanadium.

Protoxyde de vanadium VO ou V^2O^2. Ce corps peut également être appelé *vanadyle*, car il fonctionne dans plusieurs cas à la manière de l'uranyle (UO). C'est une poudre grise, douée de l'éclat métallique, obtenue en faisant passer des vapeurs d'oxychlorure $VOCl^3$ mélangé d'hydrogène, à travers un tube à analyses contenant du charbon porté au rouge.

Le vanadyle peut être préparé par voie humide en faisant réagir l'hydrogène naissant dégagé par le zinc, par exemple, sur une dissolution d'acide vanadique dans l'acide sulfurique. Quand le liquide a pris une teinte de lavende permanente, il contient le vanadium sous forme de protoxyde. Ce composé est si avide d'oxygène qu'il décolore l'indigo et les autres couleurs végétales aussi rapidement que le chlore. Quand une dissolution neutre de protoxyde (couleur de lavende) est exposée à l'air pendant quelques secondes, la couleur se change en un brun chocolat foncé : cette réaction pour l'oxygène est aussi délicate que celle des pyrogallates alcalins. Si l'on fait traverser une dissolution acide de vanadyle par un courant d'air, l'oxygène est absorbé, le liquide devient d'un bleu permanent et il contient alors un sel de bi-oxyde. Si l'acide libre a été neutralisé par du zinc, une exposition à l'air

donne à la liqueur une teinte brune que l'addition des acides rend grise par suite de la production de sesqui-oxyde.

Sesqui-oxyde $V^2 O^3$ (sous-oxyde d'après Berzélius). Les propriétés de ce corps ont déjà été mises en lumière par Berzélius.

Bi-oxyde VO^2 (oxyde vanadique d'après Berzélius). Déjà décrit par Berzélius.

Vanadates. Si l'on admet les nouvelles formules de M. Roscoe, on est conduit à considérer les vanadates neutres de Berzélius comme des méta-vanadates.

Les bi-vanadates deviennent des anhydro-sels ayant la composition $Na^2O, V^2O^5 + V^2O^5$ comparables au bi-chromate de potasse.

Oxychlorures. La véritable composition de ces corps fait la base de la nouvelle manière dont M. Roscoe propose d'envisager les combinaisons vanadiques. Comme on l'a vu plus haut, Berzélius envisageait comme un tri-chlorure de vanadium VCl^6 le liquide jaune qui prend naissance quand le chlore agit sur le résidu de la réduction de l'acide vanadique. M. Roscoe a constaté que ce liquide contient de l'oxygène : 1° en le faisant passer sur du charbon chauffé au rouge, ce qui détermine une production d'acide carbonique ; 2° en le soumettant à l'action du magnésium lequel donne de la magnésie, ou à celle du sodium qui produit de la soude, et 3° en faisant passer sa vapeur avec de l'hydrogène pur dans un tube chauffé au rouge, ce qui donne lieu à un dépôt de sesqui-oxyde de vanadium.

L'oxychlorure $VOCl^3$ a une densité de 1,841 à 14°,5 C. ; sa densité de vapeur est de 88,2 ($H = 1$) ou 6,108 ($air = 1$); son point d'ébullition déterminé pour la pression de 767^{mm} est fixé à 126°,7. Les analyses de ce corps confirment le poids atomique (51,37) déduit de la réduction de l'acide par l'hydrogène; la moyenne des deux séries d'expériences est 51,21.

Oxy-dichlorure de vanadium ou *bi-chlorure de vanadyle*

$VOCl^2$. Corps solide cristallin, gris-clair, obtenu en traitant le précédent par le zinc, à 400°, dans des tubes scellés. Son poids spécifique est égal à 2.88; il est insoluble dans l'eau, attire à la longue l'humidité de l'air et se dissout facilement dans les acides.

Oxy-monochlorure de vanadium ou *protochlorure de vanadyle* $VOCl$. Solide, brun, pulvérulent, léger, formé par l'action de l'hydrogène sur le trichlorure au rouge, insoluble dans l'eau, aisément soluble dans les acides.

Chlorure bi-vanadylique V^2O^2Cl. Poudre métallique, brillante, lourde, semblable à l'or mussif, qui prend naissance en même temps que le corps précédent.

Azotures de vanadium. 1° *Proto-azoture* VAz. Poudre grisâtre, inaltérable à l'air, obtenue en chauffant au blanc l'oxychlorure ammoniacal dans un courant d'ammoniaque.

2° *Bi-azoture.* VAz^2. Uhrlaub a obtenu ce corps en se méprenant sur sa vraie composition. Se prépare comme le précédent, mais à une température moins élevée. M. D.

M. Pattison et John Clark. Sur la séparation du cérium de ses deux congénères le lanthane et le didyme. (*Chem. new.*, 22 nov. 1867.)

Le chromate de cérium évaporé à sec, puis chauffé à la température de 110° se décompose en donnant une poudre insoluble dans l'eau, tandis que dans les mêmes circonstances les chromates de lanthane et le didyme demeurent inaltérés. C'est sur ce fait que les auteurs ont basé le procédé suivant pour séparer le cérium du lanthane et du didyme.

Le mélange des trois oxydes est dissous dans de l'acide chromique aqueux et la liqueur évaporée jusqu'à siccité; le résidu chauffé à 110° est ensuite arrosé d'eau chaude. Le lanthane et le didyme se redissolvent, tandis que le cérium reste sous forme d'oxyde blanc-jaunâtre. Cet oxyde est

presque insoluble dans les acides. D'après les auteurs, le procédé qui vient d'être décrit est applicable à l'analyse quantitative, car, disent-ils, aucune trace de cérium ne se redissout avec les deux autres métaux. M. D.

A. Froehde. Sur une nouvelle réaction des matières albuminoïdes. (*Annalen der Chemie und Pharm.*, tome CXLX, p. 376.)

Les matières albuminoïdes (Eiweisskörper) à l'état solide, traitées par de l'acide sulfurique contenant de l'acide molybdique, se colorent en bleu intense. Les graines coupées par le milieu, et en particulier les céréales, montrent nettement cette réaction ; il en est de même des fibres musculaires.

Certains réactifs empêchent la coloration bleue de se produire. M. D.

R. Otto. Sur la réduction de l'acide hyposulfurique en acide sulfureux, au moyen de l'hydrogène naissant. (*Zeitschrift für Chemie*, 1868, p. 168.)

Si on laisse en contact pendant quelque temps une dissolution étendue d'hyposulfate de baryte avec de l'amalgame de sodium Na^2Hg et que l'on sature par de l'acide chlorhydrique, il se dégage de l'acide sulfureux, de l'hydrogène sulfuré et il se sépare du soufre résultant de l'action de ces deux gaz l'un sur l'autre.

Ce qui montre bien que l'acide sulfureux produit ne provient pas d'un dédoublement de l'acide hyposulfurique en SO^2+SO^3 sous l'influence de la chaleur, c'est qu'il ne manifeste aucune production de sulfate de baryte et que la réaction a lieu quand même on refroidit fortement la liqueur. Un mélange de zinc et d'acide chlorhydrique réduit aussi l'acide hyposulfurique en acide sulfureux. M. D.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

SEMPER. VOYAGE DANS L'ARCHIPEL DES PHILIPPINES. (*Reisen im Archipel der Philippinen.* 2ter Theil, 1ster Band: Holothurien. Leipzig, 1867, Engelmann.)

Après des voyages en sens divers dans les Philippines et les Carolines, durant sept années, M. Semper entreprend de publier dans un grand ouvrage les résultats scientifiques auxquels il est arrivé et l'histoire même de ces voyages. Cette publication comprendra tout naturellement deux parties, et c'est à la seconde, plus spécialement scientifique, que l'auteur a d'abord mis la main. Les trois premières livraisons du premier volume que nous avons sous les yeux sont consacrées à l'étude des Holothuries. Elles sont accompagnées de vingt-cinq planches imprimées en couleur, qui font le plus grand honneur aux ateliers chromolithographiques de M. Heuer à Hambourg et de M. Bach à Leipzig, ainsi qu'au célèbre éditeur et vrai protecteur des sciences naturelles, M. Wilhelm Engelmann.

Ce premier volume peut, à bon droit, être appelé une monographie des Holothuries, car l'auteur nous offre non-seulement une étude zoologique et anatomique soignée des nouvelles espèces qu'il a rencontrées, mais encore une révision critique des formes déjà connues et des considérations générales sur la classe entière des Holothurides et sur les ordres et les familles qui la composent.

Parmi les corpuscules calcaires bien connus, dont le siége est toujours chez les Holothuries le corium, M. Semper distingue deux catégories: d'une part les ancres et les roues généralement connues des Synaptides, ainsi que des corpuscules très-caractéristiques des Holothuries proprement dites, corpuscules que l'auteur désigne à cause de leur forme sous le nom d'*escabeaux* (Stühlchen); d'autre part, les plaques percées, les corpuscules ramifiés, etc. qui ont toujours leur siége dans des couches plus profondes du corium que les précé-

dents. L'auteur appelle ces derniers des *corpuscules connectifs*. Ce sont eux qui dans certains cas donnent naissance par leur réunion à de larges plaques calcaires (*Psolus*, *Ocnus*, etc.) qui rappellent le squelette cutané des Echinides. Soit les escabeaux, soit les corpuscules connectifs peuvent manquer parfois entièrement. Cependant les cas où les corpuscules calcaires de toutes formes font absolument défaut, sont fort rares (chez certains types de la famille des Synaptides et de celle des Molpadides).

On sait que toutes les Holothuries sont caractérisées par la présence d'un anneau composé de pièces calcaires disposées autour du pharynx, anneau qu'on pourrait peut-être considérer comme l'homologue de la lanterne d'Aristote chez les Oursins. Cet organe est formé dans la règle de dix pièces dont cinq radiaires et cinq inter-radiaires, les premières percées chacune d'une ouverture pour le passage du vaisseau aquifère ambulacraire. M. Semper cite un cas, celui d'une Pentacte du Japon, dans lequel les pièces inter-ambulacraires manquent complétement, et les pièces ambulacraires sont réduites à de petites plaques calcaires, logées dans la peau du pharynx.

M. Semper distingue deux formes d'appendices ambulacraires : les *pieds ambulacraires*, munis à l'extrémité d'une ventouse renforcée par une plaque calcaire, et les *papilles ambulacraires* qui sont coniques et pointues. Les premiers appartiennent dans la règle au trivium ventral, les secondes au bivium dorsal. Cependant, dans certains cas, on peut trouver des pieds ambulacraires sur le dos, comme des papilles ambulacraires sur le ventre, exceptions qui se trouvent réalisées toutes deux dans le genre *Sporadipus*. Comme on le sait, les appendices ambulacraires manquent totalement sur le dos chez les Dendrochirotides. Chez les Molpalides, ces appendices manquent partout, cependant les rameaux correspondants des cinq vaisseaux ambulacraires n'en percent pas moins la peau. Enfin, chez les Synaptides des tropiques l'au-

teur constate l'absence complète des cinq vaisseaux ambulacraires, que M. Baur avait déjà relevée pour des Synaptes d'Europe.

Les *organes de Cuvier* s'attachent tantôt directement au cloaque, tantôt au tronc des poumons. L'auteur confirme de nouveau qu'ils ne sont point creux, mais solides, et il conteste leur nature glandulaire. Il les considère comme une sorte d'arme que l'animal peut pousser au dehors par le cloaque. Il est vrai que ce phénomène est toujours accompagné, comme la projection des viscères si particulière aux Holothuries, de la rupture de la paroi du cloaque.

Chez beaucoup d'Holothuries (Aspidochirotides), le vaisseau dorsal se résout dans la première anse intestinale en un réseau admirable qui s'enchevêtre avec les ramifications du poumon gauche. Joh. Müller admettait que cet enchevêtrement ne constitue point une liaison intime des deux organes, mais une simple juxtaposition. Toutefois, M. Semper a constaté l'existence de fins cordons qui passent du réseau admirable aux follicules de l'arbre pulmonaire, et se perdent dans la tunique connective de cet organe. Il est vrai que, à en juger par les expressions de l'auteur, ces « cordons » ne paraissent pas renfermer de vaisseaux, et que le rôle respiratoire des prétendus poumons reste toujours un peu problématique.

Les nouvelles Holothuries recueillies par M. Semper ont été figurées avec une très-grande habileté artistique, soit par l'auteur lui-même, soit par Mme Anna Semper. Beaucoup d'entre elles sont remarquables non-seulement par leur forme, mais encore par leur taille, puisque nous y rencontrons des Synaptes de cinq et même de sept pieds de longueur, auxquelles les indigènes de Célèbes ont bien le droit de donner le nom de *serpents de mer*. Parmi les détails anatomiques et zoologiques qui accompagnent la description de chacune d'elles, nous rencontrons bien des faits nouveaux et intéressants ; nous nous permettrons d'en glaner quelques-uns çà et là.

Les ancres des Synaptes ne sont point, comme on l'a cru souvent, des organes locomoteurs : lorsqu'ils se sont accrochés quelque part, l'animal ne peut se dégager qu'en les sacrifiant. Elles sont, il est vrai, mobiles sur leur plaque basilaire, mais il n'y a pas de muscles destinés à les mouvoir, et la volonté de l'animal n'a aucune action sur leurs mouvements. D'ailleurs le corps des Synaptes ne happe à la main que lorsqu'on le touche rudement. En réalité, les Synaptes rampent sur les pierres et les plantes sans s'accrocher à elles, et même, chez la *Synapta Beselii*, les ancres sont logées si profondément dans la peau, que M. Semper crut à leur absence complète, jusqu'au moment où l'examen microscopique lui enseigna le contraire.

M. Semper a augmenté le nombre des Synaptides connues d'une manière considérable. L'Archipel des Philippines passe aujourd'hui pour l'une des régions tropicales les mieux connues au point de vue zoologique, grâce surtout aux recherches de M. Cuming, ce *prince of collectors*, comme on l'a nommé, et pourtant on ne connaissait avant M. Semper qu'une seule Synapte de cet Archipel, tandis que maintenant, grâce à ce zoologiste, ce nombre se trouve porté à onze, sans compter une Chirodote. Il est vrai que M. Cuming paraît n'avoir récolté parmi les invertébrés que des animaux à coquille dure, puisqu'il a négligé complétement les Céphalopodes, si abondants pourtant dans les mers tropicales. En 1859 le nombre total des Synaptides connus s'élevait à trente-trois espèces : ce chiffre doit être élevé aujourd'hui de cinquante-sept pour cent. Or, si l'on tient compte du fait que la majorité des nouvelles espèces proviennent des Philippines et même presque d'une seule localité, la petite île Bohol, il est vraisemblable que des recherches faites dans d'autres mers tropicales augmenteront considérablement ce nombre.

Relativement aux entonnoirs ciliés des Synaptides, l'auteur affirme, comme Müller et M. Baur, qu'ils ne peuvent être considérés comme les terminaisons internes du système

aquifère, pas plus que des vaisseaux sanguins. Il est donc impossible d'assimiler les vaisseaux sanguins des Holothurides à l'appareil vasculaire excréteur des vers, et les entonnoirs ciliés des Synaptides ne peuvent être comparés à ceux des Annélides. Ce sont sans doute des appareils destinés à entretenir un courant dans le liquide de la cavité du corps.

La famille des Molpadides renferme une série de formes, réunies, il est vrai, par des caractères communs, mais se rattachant cependant par certains traits aux genres les plus divers d'autres familles d'Holothuries. On pourrait en quelque sorte la considérer comme une collection de formes prototypiques. L'absence complète de pieds la rapproche en apparence des Synaptides, cependant le genre *Echinosoma* est le seul qui justifie entièrement ce rapprochement par l'absence complète des canaux radiaires de la peau. Chez les autres genres étudiés par M. Semper, les canaux aquifères traversent bien la peau de part en part, mais au lieu de se prolonger en pieds comme chez les Holothuries, ils se terminent en cœcum sous l'épiderme. Une partie au moins de cette famille paraît comprendre des espèces hermaphrodites.

Si la famille des Molpadides comprend des formes jusqu'à un certain point hétérogènes, celles des Dendrochirotides est au contraire très-uniforme. M. Semper est conduit à réduire notablement le nombre des genres qui a été augmenté dans une forte proportion par M. Selenka. D'aprés ce que nous savions jusqu'ici sur cette famille, on était en droit de la considérer, en opposition à celle des Aspidochirotides, comme appartenant essentiellement à la région boréale et à la tempérée. Cette appréciation eût été pourtant entièrement fausse. Avant le travail récent de M. Selenka, le rapport des espèces connues dans la région tropicale à celui des espèces des zones tempérées et boréale était de un à douze; après le travail de ce savant, ce rapport fut de un à cinq, et maintenant, après l'étude des espèces des Philippines, il est devenu de un à un et demi. Il est donc probable que des

recherches faites dans d'autres régions tropicales continueront de modifier le rapport dans le même sens. Lorsqu'on parcourt la liste des Holothuries du musée de Cambridge (Massachusets), publiée par M. Selenka, celle du musée de Berlin, et celle du musée Godefroy à Hambourg, on peut être disposé à croire que les tropiques sont très-pauvres en Dendrochirotides, mais ce serait une erreur. Ces Echinodermes n'ont pas été collectés jusqu'ici par suite de leur genre de vie. En effet, tandis que la majorité des Aspidochidotides vivent dans les bas-fonds à la portée des naturalistes voyageurs, les Dendrochirotides des tropiques vivent tous à une grande profondeur d'où la drague peut seule les tirer. Chose bien digne de remarque, ces Holothuries vivant à de grandes profondeurs dans l'Archipel des Philippines sont précisément des formes qui, comme les *Psolus*, les *Cucumaria*, les *Echinocucumis*, se rapprochent très-étroitement d'espèces de la zone boréale. Pour le dire en passant, c'est dans ces conditions que M. Semper a pêché aux Philippines un Stelléride du genre *Pteraster* qu'il peut à peine distinguer du *P. militaris* des côtes de Scandinavie.

Les Aspidochirotides, ou Holothuries proprement dites, bien que fort nombreuses en espèces, constituent comme les Synaptides et les Dendrochirotides une famille extrêmement uniforme. On a souvent répété que l'inspection d'un seul corpuscule calcaire de la peau d'une Holothurie pouvait permettre de déterminer avec *certitude* l'espèce à laquelle appartient l'animal. M. Semper montre, au contraire, que la plupart de ces corpuscules ne peuvent fournir que des renseignements fort incertains non-seulement sur l'espèce, mais encore sur le genre.

M. Semper fait suivre sa monographie des Holothuries de quelques détails fort curieux sur les Parasites de ces Echinodermes. Abstraction faite de quelques petits Copépodes vivant en Epizoaires sur différentes Holothuries, les Dendro-

chirotides paraissent être entièrement dépourvus de parasites. Les singuliers parasites observés par M. Semper, habitent tous sur le corps ou dans l'intérieur des Aspidochirotides. Presque tous appartiennent à des groupes zoologiques pour lesquels le parasitisme est une rare exception. Mentionnons d'abord les poissons qui appartiennent presque tous au genre *Fierasfer* Quoy et Gaimard. On sait que ces poissons parasites furent d'abord décrits par Risso, et que Delle Chiaje a fort bien figuré les deux espèces de la Méditerranée. Leur immigration dans l'Holothurie, aussi bien que leur sortie, paraissent avoir lieu par le poumon. M. Semper possède l'arbre pulmonaire d'une Holothurie, dans lequel est logé un de ces poissons qui paraît être dans le moment de l'immigration, car sa tête est tournée vers les ramifications extrêmes de l'organe. Il s'agit bien de véritables parasites, car l'auteur a toujours trouvé leur estomac rempli des débris du poumon de leur hôte. Un autre genre de poissons parasites des Holothuries est celui des *Enchelyophis* Joh. Müller, qui est entièrement dépourvu de nageoires pectorales.

En fait de Crustacés, M. Semper mentionne, outre quelques petits Copépodes, deux espèces du genre *Pinnotheres* qui vit, comme l'on sait, d'ordinaire en parasite chez des Lamellibranches. Chose curieuse, ces deux espèces sont parasites d'une même Holothurie, où on les trouve constamment dans le poumon droit, c'est-à-dire dans celui qui n'a pas de connexion avec les vaisseaux entériques. Parfois le poumon qui loge un Pinnotheres est complétement atrophié, mais dans ce cas il s'en est développé un autre à une place anormale.

Les mollusques comptent plusieurs parasites des Holothuries, et d'abord la célèbre *Entoconcha mirabilis*, découverte par Joh. Müller dans la Synapte digitée d'Europe, a son pendant, non plus chez une Synapte, mais chez une Holothurie proprement dite des Philippines. Ce Gastéropode extraordinaire a été baptisé par M. Semper du nom d'*Entoconcha Mülleri*. Il paraît être fixé dans la règle au cloaque.

M. Cuming a déjà signalé depuis longtemps la présence d'*Eulima* dans l'estomac des Holothuries, mais on paraît avoir admis généralement que ces Gastéropodes avaient été avalés par ces Echinodermes. Cette opinion est erronée. M. Semper possède deux ou trois espèces qu'il a trouvées vivantes, rampant joyeusement dans l'intestin des Holothuries. Ces espèces sont très-allègres dans leurs mouvements, en opposition avec les espèces épizoaires, dont le pied est en général enfoncé dans la peau de leur hôte. La seule nourriture que ces Gastéropodes aient à leur disposition, c'est le chyme ou bien les sécrétions de l'épithélium intestinal. On a donc bien le droit de les appeler des parasites. Il n'est pas improbable que les conchyliologistes ont tort lorsqu'ils admettent que les Eulima et les Stylifères, qui vivent dans les piquants des Cidaris et d'autres Echinides n'empruntent pas à leur hôte les matières dont ils se nourissent. Ils paraissent oublier que les piquants des Echinodermes ne sont pas simplement des formations cuticulaires comme les coquilles de mollusques. Le parasitisme est surtout évident pour une espèce d'Eulima trouvée par M. Semper dans une cavité de la peau d'une Holothurie du genre Stichopus. Pendant la vie de l'Echinoderme, la coquille est presque entièrement cachée dans la peau, le sommet de la spire faisant seul légèrement saillie. Essaie-t-on de l'enlever, on rencontre une forte résistance. Mais lorsque l'Holothurie est épuisée et en voie de périr, on réussit à retirer le mollusque muni d'un fil long et mince qui, pour les grands individus tout au moins, pouvait pénétrer jusque dans la cavité du corps de l'Holothurie. Ce fil n'est pas autre chose que la trompe fort allongée du mollusque, et la bouche de cet animal se trouvant ainsi logée profondément dans la peau de l'Echinoderme, il est clair qu'il ne peut se nourrir qu'aux dépens de celui-ci. Cette bouche, étant dépourvue de toute trace d'armure, est sans doute destinée à absorber des parties liquides ou molles. M. Semper paraît disposé à admettre que toutes les autres Eulima (également dépourvues de

mâchoires) qui vivent sur des Holothuries ou d'autres Echinodermes se nourrissent du mucus sécrété par l'épiderme de leur hôte.

Enfin un dernier parasite fort singulier est un petit Lamellibranche vivant sur la peau d'une Synapte, où on le trouve rampant vivement à l'aide d'un pied large et presque membraneux. Cet animal appartient à ce groupe peu nombreux de Lamellibranches qui, de même que certains Céphalophores, n'ont qu'une coquille *interne*, ou du moins chez lesquels le manteau se réfléchit pour envelopper la coquille primitivement externe. Dans l'espèce en question le manteau est, il est vrai, complétement fermé, de telle sorte que la coquille est interne dans toute l'étendue du terme, tandis que chez certaines Erycina la soudure des deux moitiés du manteau n'est pas complète.

La richesse des matériaux que nous fait connaître ce premier volume du bel ouvrage de M. Semper, nous rend impatient de voir bientôt paraître ceux qui sont annoncés comme devant lui succéder. E. C.

Max Schultze, etc. Sur les batonnets et les cones de la rétine (*Archiv für mikrosk. Anat.* III, p. 215-248.) — Le même : Ueber die Endorgane, etc. Sur les organes terminaux du nerf optique chez les articulés. (*Ibid.* p. 404.) — Le même : Bemerkungen, etc. Remarques sur le Mémoire de Steinlin. (*Ibid.* IV, p. 22.) — Le même : Recherches sur les yeux composés des crustacés et des insectes. (*Untersuchungen über die zusammengesetzten Augen der Insekten und Krebse*, 1 vol. in-folio. Bonn, 1868, Max Cohen und Sohn.) — Steinlin : Ueber Zapfen, etc. Sur les cones et les batonnets de la rétine. (*Arch. für mikr. Anat.* IV, p. 10.) — Zenker : Versuch einer Theorie, etc. Essai d'une théorie de la perception des couleurs. (*Ibid.* III, p. 249.)

Depuis la publication de notre compte rendu des travaux

de MM. Schultze, Steinlin et Hensen sur la structure et la physiologie de la rétine[1], de nombreux travaux ont paru sur ce sujet et conduit à des résultats qui doivent modifier en partie les conclusions précédentes. Il est surtout intéressant de voir entrer de nouveau dans la lice M. Max Schultze et M. Steinlin, puisque nous avions dû signaler entre les observations de ces deux micrographes des divergences profondes. La discussion nouvelle a certainement fait disparaître une partie de ces divergences : mais, nous avons regret de le dire, il est plus d'un point sur lequel l'entente n'est pas près de s'établir.

Dans tous leurs travaux, M. Schultze et ses adhérents considèrent, soit les cônes, soit les bâtonnets, comme composés de deux articles placés bout à bout, tandis que M. Steinlin représente les cônes comme formés de trois pièces auxquelles il donne les noms de *pointe*, de *corps* et de *prolongement du cône*. Cette différence est au fond moins importante qu'elle ne le paraît au premier abord. Dans ses travaux les plus récents, M. Schultze continue de distinguer dans les éléments de la couche à bâtonnets seulement deux articles, mais il indique souvent dans l'article interne un corps lenticulaire, toujours placé à l'extrémité par laquelle cet article s'attache à l'article externe. Il n'est pas difficile de reconnaître dans ce globule le *corps du cône* de M. Steinlin, et la division en trois parties adoptée par ce dernier s'explique d'elle-même.

Une divergence plus importante entre MM. Steinlin et Schultze concerne la distinction entre les cônes et les bâtonnets. On se souvient que le premier de ces auteurs attribue la perception de la lumière aux cônes seuls et qu'il la dénie aux bâtonnets, tandis que le second attribue la perception de la lumière à la fois aux cônes et aux bâtonnets et la perception des couleurs aux cônes seuls. Nous avons déjà remarqué qu'il n'y a là en partie qu'une discussion de mots, en ce sens que dans une foule de cas M. Steinlin étend le nom

[1] *Archives des Sciences phys. et natur.*, 1867, tome XXX, p. 257.

de cône à des éléments appelés bâtonnets par M. Schultze. Mais il n'en reste pas moins constant que, dans ces cas-là, la distinction entre les cônes et les bâtonnets, à laquelle M. Schultze attribue une si grande importance physiologique, disparaît complétement pour M. Steinlin. M. Schultze n'en continue pas moins de considérer cette distinction comme légitime. Dans toute la série des animaux étudiés par lui à ce point de vue, il n'y aurait que les Tritons chez lesquels la distinction entre les cônes et les bâtonnets paraîtrait s'effacer. Cet auteur ne recule même pas devant une hypothèse hardie, en admettant que les bâtonnets sont les éléments sensibles primaires de la rétine au point de vue phylogénétique [1], pour employer le terme de M. Hæckel, et que, par conséquent, dans les périodes géologiques anciennes, ces éléments existaient seuls dans la rétine des vertébrés.

Dans la série des temps postérieurs, les cônes seraient résultés d'une modification graduelle des bâtonnets. M. Schultze fonde cette hypothèse sur l'absence de cônes, constatée par lui chez les Cyclostomes et les Plagiostomes, qu'on peut considérer comme la souche de l'embranchement des Vertébrés. L'existence de bâtonnets seulement, constatée chez les Lamproies, les Raies et les Requins, ces antiques habitants de notre globe, paraît se retrouver également chez les Ganoïdes, antérieurs, comme l'on sait, aux Téléostéens dans la phylogénésie; tout au moins, M. Leydig ne décrit-il dans la rétine de l'esturgeon qu'une seule forme d'éléments percepteurs, forme qui paraît comparable aux bâtonnets plutôt qu'aux cônes d'autres animaux. Parmi les Téléostéens on ne connaît jusqu'ici que les anguilles dont la rétine ne renferme que des bâtonnets et point de cônes. M. Schultze paraît disposé à admettre que ces poissons, amis de l'obscurité, ont perdu par régression, comme les hiboux, les chauves-souris, les taupes et les hérissons, les cônes si répandus chez les autres Téléostéens.

[1] *Phylogénie*, développement des embranchements animaux dans la série des temps géologiques. De *Phylon*, tronc, embranchement.

Une nouvelle étude de la structure intime de la couche à bâtonnets a révélé certains détails d'organisation qui paraissent être d'une haute importance physiologique. M. Hannover fut le premier à remarquer dans l'article extérieur des bâtonnets, des stries transversales qui depuis lors ont été revues par divers observateurs. M. Schultze s'est assuré que ces stries ne sont que l'expression d'une série de petits disques empilés les uns sur les autres. Ces disques deviennent évidents surtout à l'aide de l'emploi de certains réactifs, tels que l'acide acétique étendu de sérum, etc. On voit alors l'article externe des bâtonnets se gonfler, s'allonger et, par suite de la dissolution de couches interposées, fort minces, d'une substance peu réfringente, se diviser en disques très-réfringents, d'épaisseur commensurable. Certains réactifs, comme la potasse caustique en solution étendue, amènent aussi un gonflement considérable de ces disques. Il existe, en outre, dans ces articles externes des bâtonnets, un système de stries longitudinales dont l'existence, comme l'analogie des fibres musculaires nous permet de l'affirmer, n'est point en contradiction avec celle des disques. L'article externe des cônes est aussi formé par une pile de disques, d'observation, il est vrai, plus difficile que pour les bâtonnets, la différence de réfringence des deux substances constitutives étant moins forte que dans ces derniers. M. Steinlin confirme entièrement cette découverte de M. Schultze; il avait d'ailleurs lui-même précédemment comparé les bâtonnets à une pile galvanique, à cause des stries transversales de l'article externe.

L'existence de piles de petites plaques dans les bâtonnets paraît commune à tous les Vertébrés. Il était intéressant de rechercher jusqu'à quel point les yeux si complexes des Arthropodes présentent quelque chose d'analogue dans leur organisation. M. Max Schultze a donc repris l'étude histologique déjà si avancée des yeux composés des insectes et des crustacés. Le corps cristallin que les uns considèrent comme un milieu réfringent, les autres comme un organe de nature

nerveuse, ne présente dans sa structure rien qui rappelle les piles de petites plaques des vertébrés. M. Schultze est d'ailleurs disposé à le considérer simplement comme un milieu réfringent. En revanche, dans les régions plus profondes de l'œil composé, on trouve certaines parties présentant tantôt la forme de cylindre, tantôt celle de fuseau, parties dont la surface présente dans certains cas des stries transversales très-évidentes. Ces organes qu'on a déjà souvent comparés physiologiquement aux bâtonnets des vertébrés, paraissent être formés dans certains cas par une série de plaques superposées, tout à fait comparables à celles que nous avons décrites dans l'article externe des bâtonnets chez les vertébrés.

La découverte d'une série de plaques dans les éléments bacillaires de la rétine a conduit M. Zenker à une théorie ingénieuse de la perception des couleurs, théorie à laquelle M. Schultze se range entièrement, modifiant par suite, dans une certaine mesure, ses vues physiologiques antérieures dont nous avons déjà rendu compte dans ces *Archives*. M. Schultze admettait précédemment que les articles externes des bâtonnets et des cônes fonctionnent comme des organes réflecteurs qui renvoient les rayons lumineux sur l'extrémité externe des articles internes, lesquels joueraient seuls le rôle d'éléments percepteurs. La constance et la régularité de la structure en plaques des articles externes fournit maintenant un argument de plus en faveur du rôle catoptrique des articles externes. En effet, chacune des petites plaques, séparée de ses voisines par une couche de substance intermédiaire d'épaisseur incommensurable, doit fonctionner comme un miroir. Partant, tout faisceau de rayons lumineux pénétrant dans l'article externe dans une direction qui n'amène pas une réflexion totale dès la surface de la première plaque, n'en est pas moins réfléchi successivement en totalité par les plaques suivantes. L'article externe joue ici exactement le rôle d'un système de lames de verre. De là la réflexion énergique, opérée par la rétine, réflexion

facile à constater à l'aide de l'ophthalmoscope. Le corps lenticulaire existant dans l'intérieur de l'article interne des bâtonnets, peut jouer ici un rôle important, en donnant aux rayons à incidence perpendiculaire une direction légèrement oblique avant que ces rayons atteignent la surface miroitante de l'article externe. Il facilite ainsi la réflexion de ces rayons. Tout semble donc concorder pour faire jouer à la réflexion de la lumière dans les articles externes un rôle important dans la perception des phénomènes lumineux. M. Schultze se sent par suite conduit à abandonner ses idées premières sur le lieu de la perception de la lumière. Il localise maintenant, avec M. Hensen et M. Zenker, le phénomène de la perception, non plus dans les articles internes, mais dans les articles externes. Le mouvement de la lumière dans ces articles à structure si compliquée, pourrait être la condition de la sensation spécifique. Il faudrait admettre dans ce cas que la substance intermédiaire qui sépare les plaques réfléchissantes est de nature nerveuse.

La théorie de la perception des couleurs que M. Zenker essaie de baser sur les données précédentes rappelle la théorie des sons de M. Helmholz. Le savant physiologiste de Heidelberg admet, on s'en souvient, que les fibres de Corti se mettent à vibrer sous l'influence des sons correspondant à leur nombre de vibrations fondamental. On comprend de cette manière comment le son peut devenir l'agent d'une irritation nerveuse et même l'agent de l'irritation d'une fibre déterminée. Il est dans tous les cas intéressant de trouver un moyen par lequel on puisse rendre compte d'une manière aussi simple de la perception des couleurs. C'est ce qui aura lieu lorsqu'on aura démontré avec M. Zenker, comment un rayon coloré donné peut agir sur des molécules nerveuses parfaitement déterminées. Le phénomène deviendra, dans tous les cas, plus compréhensible qu'il ne l'a été jusqu'à ce jour, où nous sommes obligés d'admettre que chaque élément percepteur peut distinguer, par exemple, s'il est tra-

versé en une seconde par 667 billions d'ondulations (violet), ou seulement par 456 billions (rouge).

M. Zenker considère, ainsi qu'il en a le droit, après les recherches de M. Schultze, les éléments de la rétine comme autant de systèmes de surfaces réfléchissantes, sur lesquelles les rayons lumineux tombent dans une direction à peu près perpendiculaire, de manière à être réfléchis dans une direction également à peu près perpendiculaire. Il doit en résulter des ondulations statiques, c'est-à-dire cette forme particulière d'interférences que produit la rencontre de deux systèmes d'ondulations lumineuses. Là où les ondulations du rayon incident et celles du rayon réfléchi se trouvent dans une phase semblable, elles se renforcent. Là où les phases diffèrent d'une demi-longueur d'onde, elles s'affaiblissent, ou même, dans le cas d'intensité égale, s'annulent entièrement. Dans ces derniers points, il y aura donc un repos complet. La position de ces points de repos, comme celle des points d'amplitude maximum de vibrations, est parfaitement constante et ne dépend que de la différence de phase des deux rayons. Pour les rayons perpendiculaires, en supposant une perte d'une demi-longueur d'onde à la surface réfléchissante, les nœuds, soit points de repos, sont à une distance de $^1/_2$, 1, 1 $^1/_2$ etc. longueur d'onde de cette surface, et les points de vibration maximum à une distance de $^1/_4$, $^3/_4$, $^5/_4$, etc. La longueur d'onde ne dépend que de la couleur du rayon et de l'indice de réfraction de la substance dans laquelle le rayon se meut. Si nous admettons provisoirement que ce dernier est constant, il est évident que les points de vibration maximum pour les rayons rouges ne peuvent coïncider, par exemple, avec les points de vibration maximum pour les rayons bleus. En d'autres termes, la perception de la lumière rouge se fera dans des lieux différents de la perception de la lumière bleue.

On voit donc que, dans la théorie de M. Zenker, la perception des couleurs n'est plus une fonction du *temps*, mais une fonction du *lieu*. Sans doute nous sommes encore loin de

pouvoir calculer, même avec les éléments très-ingénieux que nous fournit M. Zenker, les lieux des ondes statiques pour les différentes couleurs. Mais, grâce surtout à la découverte des piles de plaques, il est plus facile de se représenter ces lieux divers, que de comprendre comment un seul élément percepteur peut distinguer entre des centaines de billions d'impulsions dans une seconde, comme on était jusqu'ici obligé d'admettre qu'il doit le faire.

En outre des détails de structure utilisés par MM. Zenker et Schultze pour leur ingénieuse théorie, il en est d'autres dont la portée physiologique est encore complétement obscure. Tels sont par exemple les cônes géminés ou jumeaux, découverts dans le principe par M. Hannover chez les poissons. Le savant danois étendit cette découverte à tous les vertébrés ; mais c'était une erreur. Ces organes font en particulier complétement défaut à tous les mammifères. Cependant, contrairement à l'opinion de H. Müller, M. Schultze trouve chez les Batraciens, les Reptiles et les Oiseaux des cônes géminés semés constamment entre les cônes simples. Chez les poissons, les deux moitiés des cônes géminés sont parfaitement semblables. Chez les autres animaux ils résultent, au contraire, selon MM. Schultze et Steinlin, de la soudure de deux cônes inégaux. Dans les cas de pigmentation des cônes, les deux moitiés d'un cône géminé diffèrent sous le rapport du pigment. Chez la grenouille, le cône principal renferme une sphère fortement réfringente, tandis que le cône accessoire en est dépourvu, etc. M. Steinlin se demande si ces cônes géminés ne doivent pas être interprétés comme résultant d'une rénovation de la rétine, le petit cône étant un organe de remplacement en voie de formation. Cette hypothèse ne repose pas encore sur des bases bien solides, et il faut attendre d'observations nouvelles des renseignements plus positifs sur le rôle physiologique de ces organes problématiques.

E. C.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE MARS 1868.

Le 3, couronne lunaire dans la soirée.

5, faible halo solaire de 8 h. à 9 h. et de 1 $^{1}/_{2}$ h. à 2 $^{1}/_{2}$ h. ; couronne lunaire dans la soirée.

6, pluie et neige dans la journée et dans la nuit ; le 7 au matin la neige avait pris pied dans la plaine, mais elle avait déjà disparu avant 10 h.

8, à 2 h. quelques coups de tonnerre à l'Ouest ; de 2 $^{1}/_{2}$ h. à 2 $^{3}/_{4}$ h. le vent a été excessivement violent.

9, couronne lunaire dans la soirée.

10, il a neigé depuis 3 $^{1}/_{2}$ h. à 11 $^{1}/_{2}$ h. du matin, la hauteur de la couche de neige était de 20 centimètres, à 8 h., et elle n'a pas augmenté depuis, quoiqu'il ait continué à neiger, parce que la neige se tassait en tombant. Cette neige a diparu dans la plaine le 12 au milieu de la journée.

13 et 14, gelée blanche le matin.

17, gelée blanche le matin.

18, halo solaire partiel à 8 h. du matin ; couronne solaire à plusieurs reprises dans la journée.

21, gelée blanche le matin ; hâle très-prononcé jusque vers 11 h.

22, gelée blanche le matin ; hâle moins intense que la veille.

23, gelée blanche le matin ; couronne solaire de 5 h. à 5 $^{1}/_{4}$ h.

27 et 28, pluie mélangée de flocons de neige.

31, couronne lunaire depuis 9 $^{1}/_{4}$ h. et halo lunaire depuis 10 h.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.

	mm
Le 4 à 10 h. matin	737,05
7 à 8 h. soir	725,79
9 à 8 h. matin	724,64
11 à 10 h. matin	724,37
13 à 11 h. matin	736,71
17 à 8 h. matin	733,07
22 à 8 h. matin	732,18
26 à 10 h. soir	728,88
31 à 8 h. matin	734,04

MINIMUM.

	mm
Le 1 à 7 h. matin	721,15
6 à 7 h. matin	719,94
8 à 2 h. soir	714,37
10 à 6 1/2 h. matin	715,48
11 à 10 h. soir	720,07
15 à 2 h. soir	728,39
19 à 6 h. matin	721,70
24 à 4 h. soir	721,12
27 à 6 h. soir	725,98

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation Minim.	Fract. de saturation Maxim.	Pluie ou neige Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône Midi.	Temp. du Rhône Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim.					mm.				0		cm
1	725,00	— 0,62	+ 5,45	+2,62	+ 3,4	+10,3	4,63	+0,14	719	— 69	520	870	4,7	3	SSO. 1	0,91	...	.....	74
2	732,23	+ 6,66	+ 4,25	+1,30	— 2,7	+11,0	4,26	—0,25	693	— 92	450	920	...	..	SSO. 1	0,67	5,9	+ 0,4	75
3	733,54	+ 8,02	+ 7,14	+4,08	+ 4,4	+11,6	5,79	+1,26	780	— 2	530	860	...	..	N. 1	0,90	6,1	+ 0,6	75
4	736,44	+10,97	+ 6,83	+3,65	+ 3,1	+11,7	5,61	+1,06	762	— 17	570	910	...	..	SSO. 1	1,00	6,2	+ 0,7	77
5	730,92	+ 5,50	+ 6,95	+3,65	+ 2,1	+12,2	5,48	+0,91	739	— 37	560	920	1,6	2	SSO. 2	0,76	6,4	+ 0,8	78
6	721,97	— 3,40	+ 5,21	+1,79	+ 1,8	+ 9,8	4,91	+0,32	774	+ 1	570	930	12,0	11	variable	0,92	6,5	+ 0,9	79
7	725,12	— 0,19	+ 3,34	—0,20	+ 0,2	+ 8,1	4,82	+0,21	834	+ 64	590	990	5,6	6	SSO. 1	0,94	6,0	+ 0,3	80
8	718,45	— 6,80	+ 6,60	+2,94	+ 1,8	+13,0	4,88	+0,26	676	— 92	520	890	6,2	6	SSO. 3	0,80	...	.....	81
9	722,42	— 2,77	+ 3,16	—0,62	0,0	+ 8,0	3,33	—1,30	610	—156	400	800	...	..	variable	0,29	6,0	+ 0,3	81
10	716,52	— 8,61	+ 1,64	—2,26	— 0,6	+ 4,5	4,85	+0,21	942	+178	780	1000	20,3	13	S. 1	0,99	5,0	— 0,8	80
11	723,01	— 2,06	+ 5,50	+1,48	+ 2,2	+10,0	4,91	+0,26	738	— 24	510	850	...	..	variable	0,33	6,0	+ 0,1	82
12	724,18	— 0,83	+ 4,61	+0,46	+ 1,3	+ 7,4	5,86	+1,20	915	+155	800	1000	4,7	7	variable	0,82	5,8	— 0,1	83
13	736,09	+11,14	+ 5,01	+0,73	— 1,3	+10,0	4,87	+0,20	742	— 16	570	1000	...	..	N. 1	0,01	6,1	+ 0,1	86
14	734,28	+ 9,39	+ 5,03	+0,63	— 0,8	+10,0	4,70	+0,02	729	— 27	490	980	...	..	N. 1	0,34	6,5	+ 0,5	86
15	729,17	+ 4,33	+ 6,84	+2,31	+ 3,5	+11,8	4,85	+0,16	669	— 85	470	780	...	..	variable	0,71	...	.....	86
16	731,47	+ 6,66	+ 6,24	+1,58	+ 2,1	+11,4	4,44	—0,27	648	—104	400	900	...	..	variable	0,41	7,1	+ 0,9	86
17	731,52	+ 6,74	+ 7,10	+2,32	— 0,6	+14,0	4,77	+0,04	648	—102	410	930	...	..	SSO. 1	0,70	7,2	+ 1,0	87
18	727,49	+ 2,74	+ 2,68	—2,23	0,0	+ 8,8	4,78	+0,03	874	+126	740	990	2,6	4	N. 1	0,98	7,1	+ 0,8	86
19	722,50	— 2,22	+ 3,28	—1,76	+ 2,4	+ 6,0	4,07	—0,70	727	— 19	560	800	...	..	NNE. 3	0,97	5,8	— 0,6	86
20	726,74	+ 2,05	+ 4,08	—1,09	— 0,2	+ 8,3	4,25	—0,55	707	— 37	460	940	...	..	N. 1	0,64	6,3	— 0,2	86
21	731,17	+ 6,51	+ 4,04	—1,26	— 2,2	+ 9,9	3,74	—1,09	643	— 99	400	960	...	..	N. 1	0,01	6,8	+ 0,3	86
22	730,78	+ 6,15	+ 4,37	—1,06	— 2,2	+11,2	4,41	—0,45	705	— 35	470	950	...	..	N. 1	0,00	...	.....	87
23	725,85	+ 1,25	+ 5,13	—0,43	— 0,9	+11,0	4,43	—0,46	676	— 62	460	910	3,0	4	SO. 1	0,86	7,1	+ 0,4	87
24	721,68	— 2,89	+ 2,04	—3,65	— 0,3	+ 5,9	3,24	—1,68	640	— 96	430	900	...	..	variable	0,82	6,9	+ 0,2	87
25	724,11	— 0,43	+ 0,72	—5,10	— 1,4	+ 3,6	3,37	—1,58	715	— 19	440	920	...	..	NNE. 2	0,71	6,6	— 0,2	87
26	728,09	+ 3,58	+ 1,00	—4,96	— 2,4	+ 5,0	3,01	—1,97	640	— 92	400	910	...	..	NNE. 2	0,14	6,0	— 0,9	86
27	726,82	+ 2,34	+ 2,09	—4,00	— 2,9	+ 6,9	4,58	—0,43	842	+112	540	960	1,8	3	variable	0,96	5,9	— 1,0	86
28	728,30	+ 3,84	+ 3,16	—3,07	+ 1,7	+ 5,9	4,81	—0,23	849	+121	710	1000	1,8	3	NNE. 2	0,69	6,2	— 0,8	86
29	729,90	+ 5,46	+ 2,92	—3,44	+ 2,0	+ 5,5	3,52	—1,55	654	— 72	530	690	...	..	NNE. 3	0,39	...	.....	86
30	731,32	+ 6,90	+ 1,94	—4,55	+ 0,3	+ 4,0	3,47	—1,63	676	— 49	550	760	...	..	NNE. 2	0,82	5,4	— 1,7	86
31	733,29	+ 8,88	+ 3,70	—2,93	— 1,4	+ 8,6	4,08	—1,05	695	— 29	510	900	...	..	N. 1	0,27	6,1	— 1,1	86

MOYENNES DU MOIS DE MARS 1868.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	726,10	726,30	726,32	726,12	725,56	725,97	726,75	727,19	727,37
2e «	728,42	728,90	729,09	728,78	728,22	728,06	728,34	728,25	728,75
3e «	728,37	728,69	728,63	728,32	727,87	727,60	727,92	728,47	728,71
Mois	727,66	727,99	728,04	727,76	727,24	727,22	727,68	728,12	728,29
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 3,43	+ 4,29	+ 6,92	+ 7,83	+ 8,25	+ 7,12	+ 5,77	+ 4,80	+ 3,93
2e «	+ 1,67	+ 3,15	+ 5,95	+ 7,47	+ 8,69	+ 8,37	+ 7,21	+ 5,86	+ 4,87
3e «	+ 0,10	+ 1,84	+ 3,74	+ 4,60	+ 5,75	+ 5,90	+ 5,05	+ 3,63	+ 2,38
Mois	+ 1,68	+ 3,10	+ 5,48	+ 6,57	+ 7,50	+ 7,09	+ 5,98	+ 4,73	+ 3,68
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	4,82	5,13	5,19	4,93	4,99	4,63	4,73	4,76	4,98
2e «	4,51	4,84	5,05	5,10	4,68	4,66	4,54	4,87	4,96
3e «	3,90	3,79	3,86	3,88	3,97	4,03	3,96	4,11	3,87
Mois	4,39	4,56	4,67	4,61	4,53	4,43	4,40	4,56	4,58
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	826	824	699	624	618	620	690	735	816
2e «	875	830	724	665	564	581	607	719	769
3e «	848	724	650	622	578	573	604	693	714
Mois	850	790	690	636	586	591	633	715	765

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	+ 1,35	+10,02	0,82	6,01	50,4	78,0
2e «	+ 0,86	+ 9,77	0,59	6,43	7,3	85,4
3e «	— 0,88	+ 7,05	0,51	6,33	6,6	86,4
Mois	+ 0,40	+ 8,88	0,64	6,27	64,3	83,4

Dans ce mois, l'air a été calme 0,4 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,56 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 7°,0 O., et son intensité est égale à 29,8 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE MARS 1868.

Le 1er,	brouillard	tout le jour.
2,	id.	à 6 h. du matin et depuis 4 h. du soir.
3,	id.	tout le jour.
4,	id.	id.
6,	id.	id.
7,	id.	jusqu'à midi.
8,	id.	à 10 h. du soir. La neige tombée dans l'après-midi a été emportée par le vent.
10,	id.	à 6 h. du matin.
11,	id.	jusqu'à 8 h. du matin.
12,	id.	depuis 6 h. du soir.
13,	id.	à 6 h. du matin.
15,	id.	depuis 6 h. du soir.
16,	id.	jusqu'à 8 h. du matin et à 8 h. du soir.
18,	id.	toute la journée.
19,	id.	depuis 8 h. du soir.
23,	id.	depuis 4 h. du soir.
24,	id.	tout le jour.
25,	id.	à 6 h. du matin et à midi.
27,	id.	à 6 h. du matin et à 10 h. du soir. La neige tombée a été emportée par le vent.
28,	id.	jusqu'à midi.
29,	id.	à midi et à 4 h. du soir.
30,	id.	à 2 h. de l'après-midi.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
		Le 1 à midi	558,96
Le 4 à 6 h. soir	569,04		
		6 à 8 h. matin	553,59
7 à 10 h. soir	559,27		
		8 à 4 h. soir	553,06
9 à 10 h. matin	556,65		
		10 à 10 h. matin	552,07
13 à 10 h. soir	570,08		
		15 à 4 h. soir	562,86
16 à 10 h. soir	566,42		
		19 à 6 h. matin	554,98
21 à 10 h. soir	565,91		
		24 à 10 h. matin	552,28
31 à 8 h. soir	566,29		

SAINT-BERNARD. — MARS 1868.

Jours du mois.	Baromètre.				Température C.				Pluie ou neige.			Vent dominant.		Clarté moy. du Ciel.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum*	Maximum*	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.			
	millim.	millim.	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim				
1	559,62	— 0,15	558,96	561,24	— 8,29	+ 0,17	—12,3	— 3,9	.100.	15,5	6	NE.	2	1,00
2	564,38	+ 4,61	561,84	566,05	— 9,59	— 1,20	—13,5	— 7,4	.....	.....	......	NE.	2	0,81
3	566,44	+ 6,67	565,16	567,96	— 6,41	+ 1,91	— 6,6	— 4,3	.....	.....	......	NE.	2	1,00
4	568,64	+ 8,88	568,06	569,04	— 5,26	+ 3,00	— 6,2	— 2,6	.....	....	......	NE.	1	1,00
5	565,09	+ 5,33	561,72	567,59	— 2,41	+ 5,79	— 4,5	+ 2,8	.....	.....	......	NE.	1	0,72
6	554,62	— 5,14	553,59	555,76	— 9,94	— 1,81	—11,4	— 6,2	.....	.....	......	NE.	3	1,00
7	557,60	— 2,16	555,59	559,27	—11,31	— 3,25	—13,0	— 9,0	10	1,5	2	NE.	2	1,00
8	555,47	— 4,29	553,06	558,35	— 6,44	+ 1,55	—14,3	— 0,7	50	3,0	4	SO.	3	0,82
9	556,26	— 3,51	555,69	556,65	— 8,92	— 1,00	—15,0	— 4,3	.....	.....	......	SO.	1	0,05
10	553,05	— 6,72	552,07	554,77	— 8,90	— 1,05	—10,9	— 5,4	50	3,0	8	SO.	3	0,99
11	558,42	— 1,35	557,33	559,14	— 6,41	+ 1,36	— 9,7	— 0,1	10	1,2	3	NE.	1	0,36
12	560,14	+ 0,36	557,84	564,04	— 7,28	+ 0,41	— 8,5	— 4,1	10	1,9	5	NE.	1	1,00
13	569,19	+ 9,40	567,43	570,08	— 6,42	+ 1,19	— 8,9	— 1,9	.....	.....	......	NE.	1	0,11
14	567,64	+ 7,84	566,28	568,80	— 4,41	+ 3,12	— 7,2	— 1,1	.....	.....	......	NE.	1	0,20
15	563,15	+ 3,34	562,86	563,52	— 6,64	+ 0,81	— 7,7	— 4,0	.....	.....	......	NE.	1	0,49
16	565,07	+ 5,25	563,30	566,42	— 7,77	— 0,41	—10,5	— 4,2	.....	.....	......	NE.	1	0,74
17	564,88	+ 5,05	563,74	565,97	— 6,93	+ 0,34	—10,4	— 3,9	.....	.....	......	NE.	1	0,50
18	557,63	— 2,22	556,15	559,87	—12,23	— 5,05	—12,5	—10,4	.....	.....	......	NE.	2	1,00
19	556,09	— 3,77	554,98	558,11	— 8,98	— 1,89	—12,7	— 5,1	10	0,9	3	NE.	1	0,60
20	560,01	+ 0,13	558,04	562,04	—10,06	— 3,06	—14,6	— 5,0	.....	.....	......	NE.	1	0,04
21	564,58	+ 4,68	562,73	565,91	— 7,01	— 0,10	—11,4	— 2,5	.....	.....	......	NE.	1	0,00
22	565,02	+ 5,10	564,42	565,62	— 5,71	+ 1,10	— 7,3	— 0,7	.....	.....	......	variable		0,00
23	559,37	— 0,58	557,44	561,83	— 8,26	— 1,55	—10,6	— 3,7	.....	.....	......	NE.	2	0,63
24	552,54	— 7,43	552,28	552,93	—14,58	— 7,97	—16,0	—12,0	.....	.....	......	NE.	3	0,99
25	553,65	— 6,35	552,38	556,08	—17,57	—11,06	—19,9	—15,5	.....	.....	......	NE.	3	1,00
26	558,42	— 1,61	556,39	559,81	—14,88	— 8,47	—19,9	—11,3	.....	.....	......	NE.	1	0,07
27	558,55	— 1,51	557,16	559,94	— 8,97	— 2,66	—10,8	— 6,3	.....	.....	......	NE.	2	0,97
28	560,05	— 0,04	558,36	561,90	—11,34	— 5,14	—12,8	— 8,9	.....	.....	......	NE.	2	0,91
29	562,34	+ 2,22	561,20	563,72	— 9,14	— 3,05	—13,0	— 6,8	.....	.....	......	NE.	1	0,41
30	563,17	+ 3,02	562,20	564,69	— 6,46	— 0,48	— 8,9	— 1,3	.....	.....	......	NE.	1	0,46
31	565,89	+ 5,70	565,10	566,29	— 5,89	— 0,02	— 8,8	— 1,8	.....	.....	......	NE.	1	0,00

* Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées depuis 6 heures du matin à 10 heures du soir, le thermométhographe étant hors de service.

MOYENNES DU MOIS DE MARS 1868.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	560,04	560,06	559,97	560,05	559,86	560,00	560,24	560,51	560,57
2e »	561,66	562,08	562,07	562,28	561,97	562,13	562,36	562,77	562,94
3e »	559,97	560,27	560,22	560,20	560,16	560,22	560,40	560,81	560,95
Mois	560,54	560,79	560,74	560,82	560,65	560,76	560,98	561,35	561,47
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	— 8,82	— 7,86	— 6,06	— 4,75	— 5,15	— 6,45	— 7,89	— 8,67	— 8,86
2e »	— 9,95	— 8,12	— 6,34	— 5,04	— 4,39	— 5,19	— 7,65	— 8,74	— 8,79
3e »	—11,81	— 9,82	— 8,52	— 7,65	— 7,40	— 8,18	— 9,59	—10,75	—10,92
Mois	—10,25	— 8,64	— 7,02	— 5,87	— 5,70	— 6,66	— 8,42	— 9,43	— 9,57

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	—10,77	— 4,10	0,84	23,0	210
2e »	—10,27	— 3,98	0,50	4,0	30
3e »	—12,67	— 6,44	0,49	0,0	0
Mois	—11,28	— 4,89	0,61	27,0	240

Dans ce mois, l'air a été calme 4 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 7,89 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 111,1 sur 100.

* Voir la note du tableau.

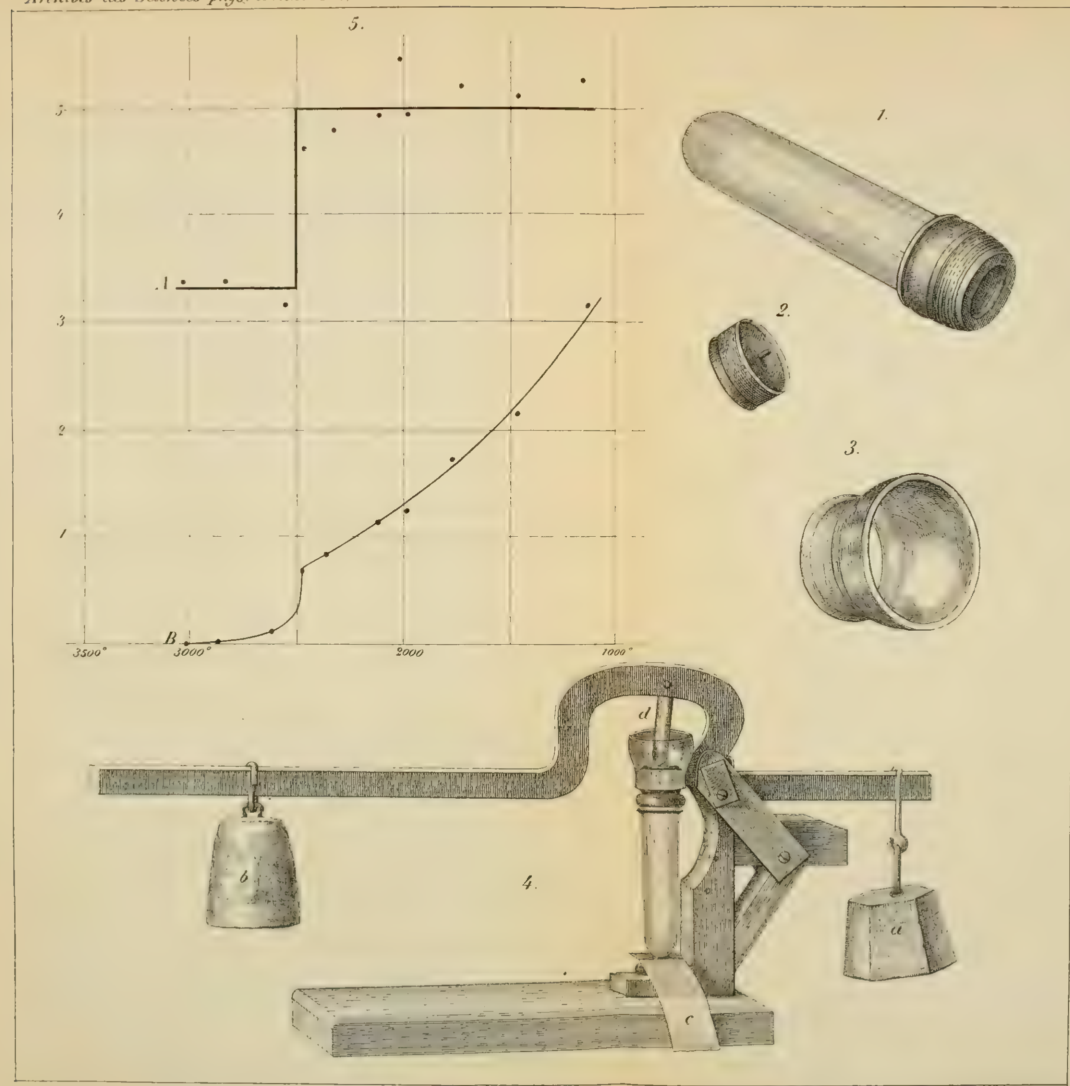
5

4

3

2

1



Lith. F. Noverraz, Genève.

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME XXXI (NOUVELLE PÉRIODE)

1868. — Nos 121 à 124.

Pages

Sur la chimie des premiers âges de la terre, par M. *Sterry Hunt* 5

Observations sur le bourdonnement électrique des montagnes, par M. *Henri de Saussure*. 15

Sur la production de chaleur dans l'air traversé par des décharges électriques, par M. *J.-C. Poggendorff* 28

Recherches sur la réduction du niobium et du tantale, par M. *C. Marignac* 89

Des progrès récents dans l'étude des infusoires, principalement d'après M. Fr. Stein, par M. *Éd. Claparède*. 104

A. Favre. Recherches géologiques dans les parties de la Savoie, du Piémont et de la Suisse voisines du Mont-Blanc, par M. *B. Studer*. 123

Description géognostique et minière des filons du Kinzigthal 185

Recherches sur l'arc voltaïque, par M. *E. Edlung*. . 227

Station de l'homme de l'âge de la pierre, à Veirier, près Genève ; lettre adressée à M. E. Lartet, par M. *Alph. Favre* 246

Pages

De l'aurore boréale (soit lumière polaire), des phénomènes qu'elle présente et des lois auxquelles elle est soumise, par M. *Élias Loomis*. 273

De la température des flammes d'oxyde de carbone et d'hydrogène, par M. *R. Bunsen* 286

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

Dr *Collingwood*. Sur un arc-en-ciel horizontal observé sur mer 60

H.-C. Sorby. Sur la couleur des nuages et du ciel. 61

William-P. Blake. Les glaciers de l'Alaska (Amérique russe) 143

P.-François Denza. Sur les valeurs de l'électricité et de l'ozone, observés à Moncalieri à l'époque du choléra. 148

A. Kundt. De la vitesse du son dans des tuyaux. 256

H. Wild. Pouvoir absorbant de l'air sur la lumière. . . . 308

J.-C. Poggendorff. Sur un nouveau phénomène électrique de mouvement. 310

V. Regnault. Sur la vitesse de propagation des ondes dans les milieux gazeux. 316

CHIMIE.

F. Ullik. Recherches sur l'acide molybdique et ses sels. 152

A. Würtz. Sur la synthèse de la névrine ou neurine. . . 159

Carl Than. Sur l'oxysulfure de carbone. 160

Dr *E. Drechsel*. Réduction de l'acide carbonique en acide oxalique 260

A. Wanklin et *R. Schenk*. Synthèse de l'acide caproïque. 261

E. Linnemann. Sur la transformation des ammines dans l'alcool monoatomique dont elles contiennent l'hydrocarbure. 263

Dr *Jul. Löwe*. Sur la transformation de l'acide gallique en acide tannique 330

Pages
H.-E. Roscoe. Recherches sur le vanadium.......... 331
M. Pattison et *John Clark.* Sur la séparation du cérium de ses deux congénères le lanthane et le didyme... 335
A. Frœhde. Sur une nouvelle réaction des matières albuminoïdes.................................. 336
R. Otto. Sur la réduction de l'acide hyposulfurique en acide sulfureux, au moyen de l'hydrogène naissant. 336

MINÉRALOGIE. GÉOLOGIE.

Sur la géologie du Haut-Tatra.................... 65
Comte *François de Marenzi.* Fragments de géologie ou examen de cette science d'après les principes de l'astronomie et de la physique combinés avec les bouleversements et l'âge de la terre.............. 67
Suess. Sur l'équivalent du Rothliegende dans les Alpes méridionales.................................. 263

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

Ch. Matteucci. Sur l'électrotone des nerfs et de certains fils métalliques recouverts d'une couche humide ... 68
Van der Hoeven. Phylosophia zoologica............. 70
Dr *C. Kupffer.* Recherches sur le développement du système génito-urinaire......................... 75
Vitu Graber. Observations pour servir à l'histoire du développement, etc. des Orthoptères.............. 78
William Carpenter. Recherches sur la structure, la physiologie et le développement de l'Antedon........ 162
Wyville Thomson. Sur l'embryologie de l'Antedon rosaceus.................................. 162
Lütken. Sur les Pentacrinides des Indes Occidentales, avec remarques sur les Crinoïdes en général...... 162
S. de Luca et *P. Panceri.* Recherches sur la salive et les organes salivaires du *Dolium Galea*............... 170
Les mêmes. Recherches sur les organes salivaires du *Dolium Galea* et d'autres mollusques............. 170
Alb. Kölliker. Note sur le polymorphisme des Anthozoaires et la structure des Tubipores............. 171

Pages

Prof. *Wilh. Keferstein.* Sur un Némertien hermaphrodite (Borlasia hermaphroditica) de Saint-Malo...... 173
Brunner de Wattenwyl. Nouveau système des Blattaires. 174
Semper. Voyage dans l'Archipel des Philippines...... 337
Max Schultze. Sur les bâtonnets et les cônes de la rétine. 345
Le même. Sur les organes terminaux du nerf optique chez les articulés. 345
Le même. Remarques sur le mémoire de Steinlin..... 345
Le même. Recherches sur les yeux composés des crustacés et des insectes.......................... 345
Steinlin. Sur les cônes et les bâtonnets de la rétine.... 345
Zenker. Essai d'une théorie de la perception des couleurs.................................. 345

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

faites à Genève et au Grand Saint-Bernard

Observations faites pendant le mois de décembre 1867. 81
Idem. pendant le mois de janvier 1868... 177
Idem. pendant le mois de février........ 265
Idem. pendant le mois de mars......... 353

Errata au numéro de décembre 1867 des Archives, t. XXX.

Page 324 (note), 7me ligne d'en bas, *au lieu de* formule (1), *lisez* formule (2).

Même page, 6me ligne d'en bas, *lisez* :

$$v_n = \frac{V}{2}\left[1-\left(1-\frac{2a}{\sqrt{d}}\Delta t\right)^n\right]$$

Page 344, dernière ligne de la note,

au lieu de $\frac{u}{a+u'} < \frac{1}{2}$ *lisez* $\frac{u}{u+u'} < \frac{1}{2}$

et *au lieu de* $\frac{u+\varepsilon}{u+u''+2\varepsilon}$ *lisez* $\frac{u+\varepsilon}{u+u'+2\varepsilon}$

Page 357, ligne 20, *au lieu de* végétation, *lisez* regélation.

Errata au numéro de mars 1868, t. XXXI.

Page 200, ligne 10 à partir du bas, biffez « *son entretien.* »

